

**UJI AKTIVITAS ANTIBAKTERI EKSTRAK ETANOL ALGA HIJAU
(*Ulva lactuca*) DENGAN VARIASI WAKTU SONIKASI**

SKRIPSI

**Oleh:
FITROTUN AZIZAH
NIM. 17630043**



**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2021**

**UJI AKTIVITAS ANTIBAKTERI EKSTRAK ETANOL ALGA HIJAU
(*Ulva lactuca*) DENGAN VARIASI WAKTU SONIKASI**

SKRIPSI

**Oleh:
FITROTUN AZIZAH
NIM. 17630043**

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

**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2021**

**UJI AKTIVITAS ANTIBAKTERI EKSTRAK ETANOL ALGA HIJAU
(*Ulva lactuca*) DENGAN VARIASI WAKTU SONIKASI**

SKRIPSI

**Oleh:
FITROTUN AZIZAH
NIM. 17630043**

**Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Tanggal: 24 Desember 2021**

Pembimbing I



**A. Ghanaim Fasya, M.Si
NIP. 19820616 200604 1 002**

Pembimbing II



**Lulu'atul Hamidatu Ulya, M.Sc
NIP. 19900906 20180201 2 239**

**Mengetahui,
Ketua Program Studi**



**Rachmawati Ningsih, M.Si
NIP. 19810811 200801 2 010**

**UJI AKTIVITAS ANTIBAKTERI EKSTRAK ETANOL ALGA HIJAU
(*Ulva lactuca*) DENGAN VARIASI WAKTU SONIKASI**

SKRIPSI

**Oleh:
FITROTUN AZIZAH
NIM. 17630043**

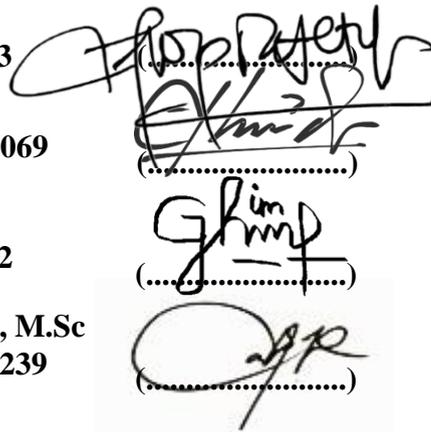
**Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal: 24 Desember 2021**

**Penguji Utama : Dr. Anton Prasetyo, M.Si
NIP. 19770925 200604 1 003**

**Ketua Penguji : Ahmad Hanapi, M.Sc
NIP. 19851225 20160801 1 069**

**Sekretaris Penguji : A. Ghanaim Fasya, M.Si
NIP. 19820616 200604 1 002**

**Anggota Penguji : Lulu'atul Hamidatu Ulya, M.Sc
NIP. 19900906 20180201 2 239**



**Mengetahui,
Ketua Program Studi**



**Rachmawati Ningsih, M.Si
NIP. 19810511 200801 2 010**

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Fitrotun Azizah
NIM : 17630043
Program studi : Kimia
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Penelitian : Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Alga Hijau (*Ulva lactuca*) dengan Variasi Waktu Sonikasi

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 14 Desember 2021
Yang membuat pernyataan,



Fitrotun Azizah
17630043

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirobbil'aalamiin

Dengan senantiasa memanjatkan puji syukur kehadirat Allah Swt. atas rahmat, hidayah dan ridhonya sehingga bisa terselesaikan karya sederhana ini.
Saya persembahkan karya sederhana ini kepada:

Kedua orang tua saya, Ayahanda Achmad Latif dan Ibunda Maslucha yang selama ini telah memberikan dukungan, doa, motivasi, dan nasihat untuk dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Untuk segala kebaikan, terimakasih.

Kakanda saya, Moch. Fauqi Akbar, S.T yang selalu menyemangati, memberikan motivasi, nasihat, dan selaku donatur utama dalam penelitian saya. Semoga Allah Swt. memudahkan segala urusan dan tercapai segala keinginanmu.

Seluruh dosen program studi kimia yang selalu memberikan bimbingan, nasihat serta banyak ilmu yang sangat berarti dan bermanfaat baik dalam proses pembelajaran perkuliahan maupun dalam proses penelitian sehingga saya bisa memahami ilmu kimia, serta terselesaikannya skripsi ini.

Terutama kepada Bapak A. Ghanaim Fasya, M.Si selaku dosen pembimbing utama, Ibu Lulu'atul Hamidatu Ulya, M.Sc selaku dosen pembimbing agama, dan Bapak Dr. Anton Prasetyo, M.Si selaku dosen wali. Untuk segala kebaikan Bapak dan Ibu, terimakasih.

Pendengar terbaik keluh kesah (Anniza Hasyim, Devi Rahmawati, dan Afifah Ayuditya), teman ambis (Rasyid Noor Hakim dan Dhea Virta Tessa Lonicha), dan organik squad bahan alam terimakasih telah singgah menjadi cerita di kehidupan saya. Untuk segala kebaikan, dukungan, dan motivasi: terimakasih. Semoga Allah Swt. memudahkan urusan kalian.

MOTTO

“Dan aku menyerahkan urusanku kepada Allah”
[QS. Ghafir: 44]

...

“Maka apabila kamu telah selesai (dari suatu urusan), kerjakanlah dengan
sungguh-sungguh (urusan) yang lain.”
[QS. Al-Insyirah: 7]

...

All this pain, it will teach you everything worth knowing.

...

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Puji syukur kehadiran Allah Swt. yang telah melimpahkan rahmat, taufik, hidayah dan inayah-Nya atas terselesaikannya penulisan skripsi yang berjudul “**Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Alga Hijau (*Ulva lactuca*) dengan Variasi Waktu Sonikasi**”. Selawat serta salam semoga senantiasa terlimpahkan kepada junjungan kita, Nabi Muhammad saw. yang telah membimbing kita dari zaman jahiliyah menuju ke zaman yang terang benderang yang diridhai Allah Swt. yakni *ad-Diinul Islam*. Semoga Allah melimpahkan atas beliau, rahmat sebagai pahala atas amal perbuatan beliau, serta kepada semua keluarga, sahabat dan para pengikut yang senantiasa meneruskan perjuangan sampai saat ini hingga akhir zaman.

Ucapan terimakasih patutlah penulis sampaikan kepada semua pihak yang telah memberikan kontribusi baik dukungan moral maupun spiritual demi suksesnya penyusunan skripsi ini, karena tentu saja penulis tidak dapat mengerjakan segala hal tanpa bantuan dari pihak lain. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ucapkan terimakasih dengan penuh rasa hormat dan kerendahan hati kepada:

1. Allah Swt. yang telah memberikan rahmat, hidayah serta karunia-Nya kepada penulis sehingga proposal ini dapat terselesaikan dengan baik.
2. Bapak Prof. Dr. M. Zainuddin, M.A., selaku Rektor Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Ibu Dr. Sri Harini, M.Si., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Ibu Rachmawati Ningsih, M.Si., selaku Ketua Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
5. Bapak A. Ghanaim Fasya, M.Si., selaku Dosen Pembimbing yang senantiasa memberikan arahan, bimbingan dan nasihat dalam penyusunan skripsi ini.

6. Ibu Lulu'atul Hamidatu Ulya, M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Agama yang senantiasa memberikan arahan, bimbingan dan nasihat dalam penyusunan skripsi ini.
7. Seluruh Dosen Program Studi Kimia Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah mendidik, membimbing mengamalkan serta membagi banyak ilmunya, pengalaman, wacana dan wawasannya dengan ikhlas dan sabar, sebagai pedoman dan bekal bagi penulis.
8. *Last but not least, I wanna thank me, I wanna thank me for believing in me, I wanna thank me for doing all this hard work, I wanna thank me for having no days off, I wanna thank me for never quitting, for just being me at all times.*

Penulis sangat menyadari banyaknya kekurangan dan keterbatasan dalam penyusunan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak demi penyempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca pada umumnya. *Amiin Ya Rabbal'alamin.*

Malang, 14 Desember 2021

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
MOTTO	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
ABSTRAK	xv
ABSTRACT	xvi
مستخلص البحث	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	7
1.3 Tujuan.....	7
1.4 Batasan Masalah.....	7
1.5 Manfaat.....	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	9
2.1 Alga Hijau	9
2.2 <i>Ulva lactuca</i>	10
2.2.1. Klasifikasi dan Morfologi <i>Ulva lactuca</i>	10
2.3 <i>Ultrasonic-Assisted Extraction (UAE)</i>	12
2.4 Bakteri	13
2.5 <i>Staphylococcus aureus</i>	14
2.6 Antibakteri.....	17
2.7 Metode Difusi Cakram	19
2.8 Uji Fitokimia	19
2.8.1. Triterpenoid	20
2.8.2. Steroid	21
2.8.3. Flavonoid.....	22

2.8.4.	Saponin.....	23
2.8.5.	Alkaloid.....	24
2.8.6.	Tanin.....	24
2.9	Spektroskopi <i>Fourier Transform-Infra Red</i> (FTIR).....	25
2.10	Spektroskopi <i>Ultra Violet-Visible</i> (UV-Vis).....	28
2.11	Pemanfaatan <i>Ulva lactuca</i> dalam Perspektif Islam.....	30
BAB III METODE PENELITIAN		33
3.1.	Waktu dan Tempat Penelitian	33
3.2.	Alat dan Bahan	33
3.2.1.	Alat	33
3.2.2.	Bahan.....	33
3.3	Rancangan Penelitian	34
3.4	Tahapan Penelitian	35
3.5	Pelaksanaan Penelitian	35
3.5.1.	Preparasi Sampel	35
3.5.2.	Ekstraksi Sonikasi Alga Hijau <i>Ulva lactuca</i>	35
3.5.3.	Sterilisasi Alat dan Bahan	36
3.5.4.	Pembuatan Media	36
3.5.4.1.	Pembuatan Media Nutrient Agar (NA)	36
3.5.4.2.	Pembuatan Media Nutrient Broth (NB)	37
3.5.5.	Regenerasi Bakteri <i>Staphylococcus aureus</i>	37
3.5.6.	Inokulum Bakteri <i>Staphylococcus aureus</i>	37
3.5.7.	Pembuatan Larutan Kontrol	37
3.5.7.1.	Pembuatan Larutan Ciprofloxacin	37
3.5.7.2.	Pembuatan Larutan Dimetil Sulfoksida (DMSO).....	38
3.5.8.	Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak <i>Ulva lactuca</i> terhadap <i>Staphylococcus aureus</i>	38
3.5.9.	Identifikasi Golongan Senyawa Aktif Menggunakan Reagen	39
3.5.9.1.	Uji Triterpenoid dan Steroid	39
3.5.9.2.	Uji Flavonoid.....	40
3.5.9.3.	Uji Saponin.....	40
3.5.9.4.	Uji Alkaloid.....	40
3.5.9.5.	Uji Tanin	41
3.5.10.	Identifikasi Senyawa Aktif Menggunakan Spektroskopi FTIR	41
3.5.11.	Identifikasi Senyawa Aktif Menggunakan Spektroskopi UV-Vis	41
3.5.12.	Analisis Data	41
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		43
4.1	Preparasi Sampel	43
4.2	Ekstraksi Sonikasi Alga Hijau <i>Ulva lactuca</i>	44
4.3	Regenerasi dan Pembuatan Inokulum <i>Staphylococcus aureus</i>	46
4.4	Uji Aktivitas Antibakteri	49

4.5	Identifikasi Golongan Senyawa Aktif Menggunakan Reagen	55
	4.5.1. Triterpenoid	56
	4.5.2. Steroid	58
	4.5.3. Flavonoid	60
	4.5.4. Saponin	61
	4.5.5. Tanin	62
4.6	Identifikasi Golongan Senyawa Aktif Menggunakan Spektroskopi FTIR	63
4.7	Identifikasi Golongan Senyawa Aktif Menggunakan Spektroskopi UV-Vis	67
4.8	Analisis Data	71
4.9	<i>Ulva lactuca</i> dan Pemanfaatannya dalam Perspektif Islam	75
BAB V PENUTUP		78
5.1	Kesimpulan	78
5.2	Saran	78
DAFTAR PUSTAKA		79
LAMPIRAN		87

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Rancangan penelitian.....	87
Lampiran 2. Diagram alir.....	88
Lampiran 3. Perhitungan.....	95
Lampiran 4. Data penelitian.....	97

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Ulva lactuca</i>	10
Gambar 2.2 Bentuk sel isolat <i>Staphylococcus aureus</i>	14
Gambar 2.3 Kurva pertumbuhan <i>Staphylococcus aureus</i>	16
Gambar 2.4 Struktur dasar triterpenoid.....	20
Gambar 2.5 Struktur dasar steroid	21
Gambar 2.6 Struktur dasar flavonoid	22
Gambar 2.7 Struktur dasar saponin steroid dan triterpenoid.....	23
Gambar 2.8 Struktur dasar alkaloid	24
Gambar 2.9 Struktur dasar tanin	25
Gambar 2.10 Hasil spektrum UV-Vis <i>Ulva lactuca</i>	29
Gambar 4.1 Sampel <i>Ulva lactuca</i>	44
Gambar 4.2 Kurva hasil rendemen ekstrak <i>Ulva lactuca</i>	45
Gambar 4.3 Regenerasi bakteri <i>Staphylococcus aureus</i>	47
Gambar 4.4 Inokulum <i>Staphylococcus aureus</i>	48
Gambar 4.5 Zona hambat ekstrak etanol <i>Ulva lactuca</i> waktu sonikasi 40 menit.....	53
Gambar 4.6 Pengukuran zona hambat	54
Gambar 4.7 Zona hambat kontrol positif dan negatif	54
Gambar 4.8 Hasil identifikasi golongan senyawa aktif dengan reagen	56
Gambar 4.9 Reaksi dugaan uji triterpenoid	58
Gambar 4.10 Reaksi dugaan uji steroid	59
Gambar 4.11 Reaksi dugaan uji flavonoid.....	60
Gambar 4.12 Reaksi dugaan uji saponin.....	61
Gambar 4.13 Reaksi dugaan uji tanin	63
Gambar 4.14 Hasil spektra FTIR ekstrak etanol <i>Ulva lactuca</i> waktu sonikasi 40, 50, dan 60 menit	64
Gambar 4.15 Hasil spektra UV-Vis ekstrak etanol <i>Ulva lactuca</i> waktu sonikasi 20-60 menit	69

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian terdahulu mengenai <i>Ulva lactuca</i>	11
Tabel 2.2 Perbedaan ciri sel bakteri gram negatif dan gram positif.....	14
Tabel 2.3 Identifikasi gugus fungsi komponen aktif <i>Ulva lactuca</i>	27
Tabel 3.1 Kategori diameter zona hambat	39
Tabel 4.1 Hasil kadar air <i>Ulva lactuca</i>	43
Tabel 4.2 Hasil rendemen ekstrak <i>Ulva lactuca</i>	45
Tabel 4.3 Hasil uji aktivitas antibakteri terhadap bakteri <i>Staphylococcus aureus</i>	49
Tabel 4.4 Hasil uji senyawa aktif ekstrak etanol <i>Ulva lactuca</i> waktu sonikasi 40 menit	56
Tabel 4.5 Interpretasi spektra FTIR ekstrak etanol <i>Ulva lactuca</i> waktu sonikasi 40, 50, dan 60 menit.....	64
Tabel 4.6 Hasil analisis kualitatif ekstrak etanol <i>Ulva lactuca</i> waktu sonikasi 20-60 menit	68
Tabel 4.7 Hasil uji BNJ variasi waktu sonikasi terhadap zona hambat <i>Staphylococcus aureus</i>	72
Tabel 4.8 Hasil uji BNJ variasi konsentrasi terhadap zona hambat <i>Staphylococcus aureus</i>	74

ABSTRAK

Azizah, Fitrotun. 2021. Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Alga Hijau (*Ulva lactuca*) dengan Variasi Waktu Sonikasi. Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing I: A. Ghanaim Fasya, M.Si ; Pembimbing II: Lulu'atul Hamidatu Ulya, M.Sc.

Kata Kunci: *Ulva lactuca*, Sonikasi, Etanol, Antibakteri, Variasi Waktu Sonikasi.

Alga Hijau (*Ulva lactuca*) merupakan biota laut yang sangat melimpah di perairan Bali salah satunya di Laut Serangan. Alga hijau mengandung beberapa senyawa aktif yang bermanfaat untuk dikembangkan dan berpotensi sebagai obat, salah satunya sebagai antibakteri. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi waktu sonikasi terhadap hasil ekstrak etanol *Ulva lactuca*, mengetahui aktivitas antibakteri tertinggi ekstrak kasar etanol *Ulva lactuca* terhadap *Staphylococcus aureus* dan mengetahui golongan senyawa aktif pada ekstrak etanol *Ulva lactuca*.

Penelitian ini menggunakan *Ulva lactuca* yang diisolasi dengan metode ekstraksi sonikasi menggunakan pelarut etanol 96 % pada suhu 37 °C dan variasi waktu sonikasi 20, 30, 40, 50, dan 60 menit. Uji aktivitas antibakteri dari ekstrak kasar etanol *Ulva lactuca* terhadap *Staphylococcus aureus* dilakukan dengan metode difusi cakram dan dilakukan variasi konsentrasi yaitu 0,075, 0,1, 0,125, 0,15, 0,175, dan 0,2 %. Identifikasi golongan senyawa aktif pada ekstrak etanol *Ulva lactuca* dilakukan menggunakan uji fitokimia, spektroskopi FTIR dan UV-Vis.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekstrak etanol *Ulva lactuca* yang paling efektif menghambat pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* adalah ekstrak dengan variasi waktu sonikasi 40 menit didapatkan hasil rendemen sebesar 7,397 % dan variasi konsentrasi yang paling efektif adalah 0,2 % menghasilkan zona hambat sebesar 9,87 mm. Hasil uji fitokimia menunjukkan bahwa ekstrak etanol *Ulva lactuca* mengandung triterpenoid, steroid, flavonoid, saponin dan tanin. Identifikasi menggunakan spektroskopi UV-Vis waktu sonikasi 20 hingga 60 menit didapatkan panjang gelombang maksimum berturut-turut sebesar 201-210 nm menunjukkan adanya senyawa steroid, 261,9, 269, dan 404-405 nm menunjukkan adanya senyawa flavonoid, 212 nm menunjukkan adanya senyawa saponin. Sedangkan identifikasi menggunakan spektroskopi FTIR waktu sonikasi 40-60 menunjukkan adanya gugus fungsi O-H, C-H, C=O, C=C, C-O dan C-C.

ABSTRACT

Azizah, Fitrotun. 2021. Antibacterial Activity Test of Green Algae Ethanol Extract (*Ulva lactuca*) with Sonication Time Variation. Department of Chemistry, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University of Malang. Supervisor I: A. Ghanaim Fasya, M.Si ; Supervisor II: Lulu'atul Hamidatu Ulya, M.Sc

Keywords: *Ulva lactuca*, Sonication, Ethanol, Antibacterial, Sonication Time Variation.

Green algae (*Ulva lactuca*) is a marine biota that is very abundant in Bali waters, one of which is Serangan Sea, Bali. Green algae contain many chemical compounds that are useful to develop and have potential as antibacterial properties. This research aims to determine the effect of variations in sonication time on the yield of ethanol extract of *Ulva lactuca*, to determine the highest antibacterial activity of ethanol crude extract of *Ulva lactuca* against *Staphylococcus aureus* and to determine the class of active compounds in ethanol extract of *Ulva lactuca*.

This reserach used *Ulva lactuca* isolated by sonication extraction method using 96 % ethanol at a temperature of 37 °C and variations in sonication time of 20, 30, 40, 50 and 60 minutes. Antibacterial activity test of crude ethanol extract of *Ulva lactuca* against *Staphylococcus aureus* was carried out by the disc diffusion method and concentration variations were 0.075, 0.1, 0.125, 0.15, 0.175, and 0.2 %. Identification of the active compounds in ethanol extract of *Ulva lactuca* was carried out using phytochemical tests, FTIR and UV-Vis spectroscopy.

The results showed that the ethanol extract of *Ulva lactuca* which was most effective in inhibiting the growth of *Staphylococcus aureus* was the extract with a sonication time variation of 40 minutes with concentration variation was 0.2 %, resulting in an inhibition zone of 9.87 mm. The results of the phytochemical test showed that the ethanol extract of *Ulva lactuca* contained triterpenoids, steroids, flavonoids, saponins, and tannins. Identification using UV-Vis spectroscopy with a sonication time of 20-60 minutes, the maximum wavelengths were 201-210 nm, indicating the presence of steroid compounds, 261.9, 269, and 404-405 nm indicating of flavonoid compounds, 212 nm indicating of saponin compounds. Meanwhile, identification using FTIR spectroscopy with a sonication time of 40-60 showed the presence of functional groups O-H, C-H, C=O, C=C, C-O and C-C.

مستخلص البحث

عزيزة، فطرة. ٢٠٢١. إختبار نشيطة ضد بكتيريا خلاصة الإيثانول الطحلب الأخضر (*Ulva lactuca*) بلون وقت الصوتنة. قسم الكيمياء، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج. المشرف: أ. غنائم فشى الماجستير; ٢. لؤلؤة حميداتو عليا الماجستير

الكلمات المفاتيح: (*Ulva lactuca*)، الصوتنة، الإيثانول، ضد بكتيريا، لون وقت الصوتنة.

البحر سرانجان (Serangan). يحتوي الطحلب الأخضر مستحضرات ناشطة التي تنفع لتنمية ويحتمل دواء، الإحدى ضد بكتيريا. يهدف هذا البحث لمعرفة أثر لون وقت الصوتنة لحصيلة خلاصة الإيثانول (*Ulva lactuca*)، معرفة نشيطة ضد بكتيريا الأعلى من خلاصة الأجنس الإيثانول (*Ulva lactuca*) ل (*Staphylococcus aureus*) ومعرفة فرع المستحضر الناشط لخلاصة الإيثانول (*Ulva lactuca*). يستخدم هذا البحث (*Ulva lactuca*) الذي يعزل بطريقة استخراج الصوتنة تستخدم مذيب الإيثانول ٩٦ % في ٣٧ الدرجة الحرارة ولون وقت الصوتنة ٢٠، ٣٠، ٤٠، ٥٠، و ٦٠ دقائق. يفعل إختبار نشيطة ضد بكتيريا من خلاصة الأجنس الإيثانول (*Ulva lactuca*) ل (*Staphylococcus aureus*) بطريقة التعريف القرص ويفعل لون الإكترات هو ٠،٠٧٥، ٠،٠١، ٠،١٢٥، ٠،١٥، ٠،١٧٥، و ٠،٢ % . يفعل تعرف فرع المستحضر المستقلب الثانوي في خلاصة الإيثانول (*Ulva lactuca*) ان يستخدم إختبار الكيمياء النباتي، طبقية (FTIR) و (UV-Vis).

تدل حصيلة البحث أن خلاصة الإيثانول (*Ulva lactuca*) أفعل تستطيع ان تعرقل نشأة بكتيريا (*Staphylococcus aureus*) هي الخلاصة بلون وقت الصوتنة ٤٠ دقائق ينال حصيلة الأثر ٧،٣٩٧ % ولون الإكترات الأفعل هو ٠،٢ % يحصل المنطقة العرقلة ٩،٨٧ م م . تدل حصيلة إختبار الكيمياء النباتي أن خلاصة الإيثانول (*Ulva lactuca*) تحتوي الترايتيربينويدات، المنشطات، الفلافونويد، الصابونين، والدباغ. يستخدم تعرف المستحضر الناشط طبقية (UV-Vis) تنال (λ_{max}) ٢٠٣،١ و ٢٠٦ م تدل كون مستحضر المنشطات، (λ_{max}) ٢٦١،٩ و ٢٦٩ م تدل كون مستحضر الفلافونويد، (λ_{max}) ٢١٢ م تدل كون مستحضر الصابونين، و (λ_{max}) ٤٠٥ م تدل كون مستحضر الترايتيربينويدات. أما التعرف يستخدم طبقية (FTIR) يدل كون قوة الوظيفة (O-H)، (C-H)، (C=O)، (C=C)، (C-O)، و (C-C).

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kehidupan manusia tidak terlepas dari interaksi dengan berbagai makhluk, salah satunya yaitu dengan mikroorganisme. Tanpa disadari mikroorganisme memberikan peranan penting dalam kehidupan. Mikroorganisme ada yang bersifat menguntungkan dan terdapat pula yang bersifat merugikan atau patogen, bahkan dapat menyebabkan terjadinya gangguan fisiologi apabila masuk ke dalam tubuh (Ardiansyah, 2019). Salah satu yang termasuk mikroorganisme adalah bakteri. Bakteri patogen seperti *Staphylococcus aureus* kerap kali menjadi penyebab penyakit tertentu pada manusia. *Staphylococcus aureus* merupakan bakteri gram positif dan merupakan salah satu flora normal manusia pada kulit dan selaput mukosa. Bakteri ini termasuk patogen utamanya pada manusia karena menjadi penyebab berbagai infeksi pada tubuh, abses, pneumonia dan keracunan makanan (Elshouny, dkk., 2017).

Perkembangan penyakit yang sering menginfeksi manusia disebabkan oleh bakteri patogen seperti *Staphylococcus aureus* cukup meresahkan, sehingga untuk mengatasinya diperlukan antibiotik. Antibiotik merupakan zat yang dikeluarkan oleh mikroorganisme dan bersifat melawan ataupun menghambat pertumbuhan dan hidupnya mikroorganisme lain. Antibiotik banyak digunakan untuk menangani berbagai penyakit infeksi (Humaida, 2014). Saat ini penggunaan bahan alam untuk pengobatan sebagai antibiotik sedang digaungkan, hal ini dikarenakan penggunaan obat yang bersumber dari bahan alam tidak memiliki efek

samping yang membahayakan. Oleh karena itu, penggunaan bahan alam sering digunakan sebagai salah satu sumber alternatif untuk penyembuhan maupun pencegahan penyakit.

Indonesia memiliki wilayah yang strategis dimana wilayahnya diapit oleh dua samudera dan dua benua, dilewati garis khatulistiwa serta memiliki iklim tropis yang mana hal tersebut sangat mendukung banyaknya keanekaragaman hayati (Dahuri, 2003). Selain itu, Indonesia merupakan salah satu negara kepulauan terbesar di dunia dengan dua pertiga wilayahnya adalah lautan (Martiningsih, 2013). Oleh karena itu, tidak heran jika keberadaan biota laut sangatlah melimpah salah satunya di perairan Bali. Di daerah Bali salah satu perairan yang memiliki potensi alam yang melimpah adalah Laut Serangan Bali. Letak Laut Serangan Bali ini berada pada selatan pulau Bali.

Salah satu organisme laut yang banyak dijumpai hampir seluruh laut di Indonesia adalah makroalga (Marianingsih, dkk., 2013). Makroalga yang keberadaannya melimpah di Laut Serangan Bali yaitu alga hijau jenis *Ulva lactuca* yang termasuk dalam *father seaweed* yaitu rumput laut yang dapat dimakan, mempunyai kandungan antioksidan, antibakteri, antijamur dan antitumor (Arbi, dkk., 2016). Saat ini *Ulva lactuca* telah dimanfaatkan sebagai bahan baku makanan oleh masyarakat di wilayah Indonesia. Namun, di daerah Bali *Ulva lactuca* hingga saat ini jarang dimanfaatkan sebagai sesuatu yang memiliki nilai ekonomis dan bernilai guna. Segala macam potensi alam baik yang terdapat di laut maupun di darat tak ternilai harganya. Allah Swt. menciptakan segala sesuatu yang ada di muka bumi ini pasti ada tujuan dan memberikan manfaat atau kebaikan, sebagaimana firman Allah Swt. dalam QS. Asy-Syu'ara: 7.

أَوَلَمْ يَرَوْا إِلَى الْأَرْضِ كَمْ أَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ زَوْجٍ كَرِيمٍ

Artinya:

“Dan apakah mereka tidak memperhatikan bumi, berapakah banyaknya Kami tumbuhkan di bumi itu berbagai macam tumbuh-tumbuhan yang baik?” (QS. Asy-Syu'ara: 7).

Ayat tersebut mengisyaratkan bahwa Allah Swt. memperingatkan akan keagungan dan kekuasaan-Nya, jika mereka melihat dengan hati dan mata mereka niscaya mereka akan mengetahui bahwa Allah yang berhak untuk disembah karena Maha Kuasa atas segala sesuatu termasuk dalam penciptaan tumbuh-tumbuhan yang dapat dimanfaatkan oleh manusia salah satunya sebagai sumber obat (Utami, 2014). Kompleksnya komponen kimia pada *Ulva lactuca* memacu untuk melakukan isolasi dan identifikasi senyawa bioaktif yang terdapat pada *Ulva lactuca*. Identifikasi kandungan bioaktif merupakan langkah awal yang penting dalam penelitian pencarian senyawa bioaktif baru dari bahan alam yang dapat menjadi prekursor bagi sintesis obat baru atau prototipe obat aktivitas tertentu (Rasyid, 2012).

Ulva lactuca atau biasa disebut selada laut ini tumbuh diberbagai habitat, terutama di bebatuan pada fragmen karang mati. Ukuran dan bentuknya bervariasi dengan perubahan faktor lingkungan. *Ulva lactuca* juga memiliki kandungan nutrisi yang cukup tinggi. Hasil penelitian Nufus, dkk. (2017) menyatakan komposisi *Ulva lactuca* berasal dari Perairan Sekotong, Nusa Tenggara Barat yakni kadar air 28,41 %, kadar abu 24,97 %, lipid 1,43 %, protein 5,14 %, *crude fiber* 3,56 % dan karbohidrat 36,49 %. Sedangkan Costa, dkk. (2018) melakukan analisis proksimat untuk mengetahui komposisi *Ulva lactuca* yang berasal dari Pesisir Selatan Gunung

Kidul, dilakukan tiga kali pengulangan didapat rata-rata kandungan nutrisi karbohidrat total sebesar 62,93 %, lemak total 5,17 %, protein total 17,43 %, kadar abu (mineral total) 2,94 % dan kadar air 11,53 %. Berdasarkan penelitian lain dari Kurniawan, dkk. (2019) yang juga melakukan analisis proksimat menyatakan komposisi kimia dari *Ulva lactuca* yang berasal dari Balai Budidaya Air Payau (BBAP) Provinsi Aceh yakni kadar abu 26,63 %, kadar air 14,57 %, *crude fiber* 3,12 %, lipid 0,47 %, protein 16,51 % dan karbohidrat 38,7 %. Oleh karena itu, *Ulva lactuca* perlu dimanfaatkan karena nutrisi dan senyawa aktif yang dikandungnya, diantaranya: flavonoid, steroid, triterpenoid, saponin, alkaloid dan fenol hidrokuinon (Liswandari, dkk., 2018; Nufus, dkk., 2017; Shoviyyah, 2019).

Beberapa penelitian terkait *Ulva lactuca* yang sudah dilaksanakan diantaranya: Skrining Fitokimia Ekstrak Etanol *Ulva lactuca* L. Dengan Metode Kromatografi Lapis Tipis (Widyaningsih, dkk., 2016), Potensi Selada Laut *Ulva lactuca* Sebagai Antifungi dalam Pengendalian Infeksi *Saprolegnia* dan *Achlya* pada Budidaya Ikan Kerling (*Tor* sp) (Zulfadhli dan Rinawati, 2018), Karakteristik Senyawa Bioaktif Ekstrak Selada laut (*Ulva lactuca* L.) pada Konsentrasi Pelarut Etanol dan Lama Ekstraksi (Yunita, dkk., 2018). Uji Aktivitas Antibakteri Alga Hijau (*Ulva* sp.) dari Pantai Sorido Biak Terhadap Bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* (Liswandari, dkk., 2018) dan Uji Aktivitas Antioksidan dan Fitokimia Fraksi Etil Asetat, Kloroform dan Metanol Ekstrak Alga Hijau *Ulva lactuca* dari Pantai Gunung Kidul Yogyakarta (Shoviyyah, 2019). Beberapa penelitian di atas menunjukkan bahwa *Ulva lactuca* memiliki aktivitas sebagai antioksidan, antifungi dan antibakteri. Selain itu *Ulva lactuca* dapat dimanfaatkan untuk mencegah penyakit kanker, obat cacing alami, diolah menjadi keripik atau

puding, pelengkap salad, bahan pembungkus sushi atau nori, serta sebagai sumber serat alternatif.

Mengingat besarnya potensi senyawa bioaktif yang terkandung di dalam *Ulva lactuca*, maka perlu dilakukan penelitian tentang uji aktivitas antibakteri ekstrak etanol *Ulva lactuca*. Penelitian terkait *Ulva lactuca* yang telah dilakukan masih menggunakan metode konvensional seperti maserasi, namun metode ini memiliki kekurangan salah satunya membutuhkan waktu yang lama. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan menggunakan metode ekstraksi sonikasi yang memiliki kelebihan yakni dengan waktu yang singkat dapat memperoleh senyawa bioaktif yang lebih banyak sehingga nilai rendemen yang diperoleh lebih besar. Pelarut yang dipilih untuk menyari senyawa yakni etanol 96 %. Pemilihan pelarut menggunakan etanol 96 % dikarenakan pelarut etanol dapat menyari hampir keseluruhan kandungan simplisia baik non polar, semi polar maupun polar. Selain itu, pelarut ini bersifat selektif, tidak beracun, dan bersifat universal yang cocok untuk mengekstrak semua golongan senyawa metabolit sekunder (Lalamentik, dkk., 2017). Sa'adah dan Nurhasnawati (2015) dalam penelitiannya menggunakan pelarut etanol dikarenakan lebih efektif, dimana persentase etanol diatas 20 % kapang dan kuman sulit tumbuh atau dengan kata lain dapat menghambat reaksi enzimatik dan mencegah terjadinya hidrolisis serta oksidasi. Uji aktivitas antibakteri dilakukan dengan metode difusi cakram. Metode ini didasarkan pada kemampuan difusi dari zat antibakteri pada suatu lempeng agar yang telah diinokulasi sebuah bakteri uji. Hasil pengamatan yang akan diperoleh berupa ada tidaknya zona bening yang terbentuk di sekeliling kertas cakram yang menunjukkan zona hambat pada pertumbuhan bakteri (Nurhayati, dkk., 2020). Metode ini dipilih

dalam uji aktivitas antibakteri karena memiliki kelebihan yaitu prosedurnya yang mudah dilakukan, tidak memerlukan peralatan khusus dan relatif murah (Lalamentik, dkk., 2017). Sedangkan kelemahannya adalah ukuran zona bening yang terbentuk tergantung oleh kondisi inkubasi, inokulum, predifusi dan preinkubasi serta ketebalan medium. Apabila keempat faktor tersebut tidak sesuai, maka hasil dari metode difusi cakram biasanya sulit untuk diinterpretasikan (Handayani dan Rusmita, 2017).

Berdasarkan penelitian Alagan, dkk. (2017) melakukan uji aktivitas antibakteri dari ekstrak metanol *Ulva lactuca* Linn. dan hasil yang didapatkan bahwa ekstrak metanol *Ulva lactuca* efektif dalam melawan bakteri patogen yaitu *Bacillus subtilis*, *Corynebacterium diphteria*, *Escherichia coli*, *Pseudomona aeruginosa*, *Salmonella paratyphi*, dan *Staphylococcus aureus*. Penelitian lain juga dilakukan oleh Liswandari, dkk. (2018) melakukan uji aktivitas antibakteri dari alga hijau (*Ulva* sp.) dengan pelarut dietil eter, etil asetat, dan etanol dalam menghambat pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* didapatkan hasil yang paling efektif dalam menghambat pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* paling efektif dihambat oleh ekstrak etanol 96 % dengan konsentrasi 750 ppm dengan zona hambat 9,56 mm. Adanya aktivitas antibakteri dari ekstrak alga hijau (*Ulva* sp.) dalam menghambat bakteri *Staphylococcus aureus* hal ini dikarenakan adanya senyawa metabolit sekunder diantaranya triterpenoid, flavonoid, dan saponin. Berdasarkan latar belakang di atas maka dilakukan penelitian uji aktivitas antibakteri ekstrak etanol dengan melakukan variasi waktu ekstraksi. Hasil isolasi senyawa zat aktif yang didapat, diuji aktivitas antibakteri terhadap *Staphylococcus aureus*.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka rumusan masalah dilaksanakannya penelitian adalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana hasil ekstrak etanol *Ulva lactuca* menggunakan metode sonikasi dengan variasi waktu?
- b. Bagaimana aktivitas antibakteri dari ekstrak etanol *Ulva lactuca* menggunakan metode sonikasi terhadap *Staphylococcus aureus*?
- c. Senyawa aktif apa yang terdapat pada ekstrak etanol *Ulva lactuca*?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah:

- a. Mengetahui pengaruh variasi waktu sonikasi terhadap hasil ekstrak etanol *Ulva lactuca*.
- b. Mengetahui aktivitas antibakteri dari ekstrak etanol *Ulva lactuca* terhadap *Staphylococcus aureus*.
- c. Mengetahui golongan senyawa aktif yang terdapat pada ekstrak etanol *Ulva lactuca*.

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

- a. Sampel yang digunakan adalah alga hijau *Ulva lactuca* diperoleh dari Laut Serangan Bali.
- b. Metode ekstraksi sonikasi menggunakan pelarut etanol 96 %.
- c. Metode sonikasi dilakukan dengan variasi waktu 20, 30, 40, 50, dan 60 menit.

- d. Uji aktivitas antibakteri menggunakan metode difusi cakram.
- e. Uji fitokimia untuk mengidentifikasi golongan senyawa aktif yaitu triterpenoid, steroid, flavonoid, saponin, alkaloid, dan tanin.
- f. Identifikasi golongan senyawa aktif dilakukan menggunakan spektroskopi *Fourier Transform-Infra Red* (FTIR) dan *Ultra Violet-Visible* (UV-Vis).

1.5. Manfaat Penelitian

- a. Memberikan informasi ilmiah kepada masyarakat tentang senyawa bioaktif yang terdapat pada ekstrak etanol alga hijau *Ulva lactuca* sehingga dapat dijadikan sebagai bahan dasar antibiotik bakteri *Staphylococcus aureus*.
- b. Menjadi rujukan bagi para peneliti untuk dapat melakukan penelitian selanjutnya dengan memanfaatkan ekstrak etanol *Ulva lactuca* sebagai obat dari bahan alam.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Alga Hijau

Alga adalah sekelompok organisme autotrof yang tidak memiliki organ dengan perbedaan fungsi yang nyata. Alga bahkan dapat dianggap tidak memiliki organ seperti yang dimiliki tumbuhan seperti akar, batang, daun, dan sebagainya. Karena itu alga pernah digolongkan pula sebagai tumbuhan bertalus (Campbell, 2003). Talus merupakan tubuh vegetatif alga yang belum mengenal diferensiasi akar, batang, dan daun sebagaimana yang ditemukan pada tumbuhan tingkat tinggi. Berdasarkan ukuran struktur, alga dibagi ke dalam dua golongan besar yaitu makroalga dan mikroalga. Makroalga yaitu alga yang mempunyai bentuk dan ukuran tubuh makroskopik, sedangkan mikroalga yaitu alga yang mempunyai bentuk dan ukuran tubuh mikroskopik (Sumich, 1992).

Alga hijau adalah kelompok alga yang paling maju dan memiliki banyak sifat-sifat tanaman tingkat tinggi. Kelompok ini adalah organisme prokariotik dan memiliki struktur-struktur sel khusus yang dimiliki sebagian besar alga. Alga hijau memiliki kloroplas, *deoxyribo nucleic acid* (DNA) berada dalam sebuah nukleus, dan beberapa jenisnya memiliki flagella. Dinding sel alga hijau sebagian besar berupa selulosa, meskipun ada beberapa yang tidak mempunyai dinding sel. Alga hijau mempunyai klorofil-*a* dan klorofil-*b* serta beberapa karotenoid, dan biasanya berwarna hijau rumput. Pada saat kondisi budidaya, menjadi padat dan cahaya terbatas sel akan memproduksi lebih banyak klorofil dan menjadi hijau gelap (Arini, 2015).

2.2. *Ulva lactuca*

2.2.1. Klasifikasi dan Morfologi *Ulva lactuca*

Ulva lactuca adalah rumput laut makroalga yang tergolong dalam divisi Chlorophyta. Termasuk dalam divisi Chlorophyta karena banyak mengandung sel-sel klorofil-*a* sehingga memberikan warna hijau pada rumput laut ini. *Ulva lactuca* memiliki thalus tipis, lembaran licin, tepi lembaran berombak dan di bagian pangkal terdapat penebalan (Atmadja, dkk., 1996). Kebanyakan alga hijau menyimpan zat tepung sebagai cadangan makanan meskipun ada diantaranya menyimpan minyak atau lemak (Rhamadani, 2015). *Ulva lactuca* hidup pada kisaran suhu 28-31 °C (Dewi, 2018). Morfologi dari *Ulva lactuca* ditampilkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 *Ulva lactuca* (Dewi, 2018)

Taksonomi dari *Ulva lactuca* adalah sebagai berikut (Guiry, 2007):

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Chlorophyta
Kelas	: Ulvophyceae
Bangsa	: Ulvales
Suku	: Ulvaceae
Marga	: <i>Ulva</i>
Jenis	: <i>Ulva lactuca</i>

Beberapa penelitian terkait *Ulva lactuca* yang sudah dilaksanakan akan dirangkum pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Penelitian terdahulu mengenai *Ulva lactuca*

Objek	Metode	Hasil	Referensi
Antioksidan	Ekstraksi: Maserasi Pelarut: Etanol 99,9 % Uji aktivitas antioksidan: Metode DPPH, FRAP, dan CUPRAC	Rendemen: 0,84 % Aktivitas antioksidan: metode DPPH: 43,53 ppm; FRAP: 179,86 μ mol troloks/g; CUPRAC: 197,50 μ mol troloks/g	Nufus, dkk., 2017
	Ekstraksi: Maserasi Pelarut: Etanol 96 % Partisi: Variasi pelarut (etil asetat, kloroform, dan metanol) Uji aktivitas antioksidan: Metode DPPH	Rendemen: 2,25 % Aktivitas antioksidan IC ₅₀ terbaik: fraksi etil asetat 84,71 ppm	Shoviyyah, 2019
Antifungi	Ekstraksi: Soxhletasi Pelarut: Metanol, etanol, diklorometana, kloroform, dan heksana Uji aktivitas antifungi: Metode teknik pertumbuhan radial	Aktivitas antifungi EC ₅₀ paling efektif: ekstrak metanol terhadap <i>A. solani</i> : 1149 ppm; ekstrak diklorometana terhadap <i>P. infestans</i> : 891 ppm; ekstrak etanol terhadap <i>B. cinerea</i> : 1017,8 ppm	Selim, dkk., 2015
	Ekstraksi: Sokhletasi Pelarut: Heksana, kloroform, etil asetat, dan metanol Uji aktivitas antifungi: Metode difusi cakram	Aktivitas antifungi tertinggi: ekstrak etil asetat terhadap <i>C. parapsilosis</i> : 14 mm; <i>C. albicans</i> : 13,8 mm; dan <i>T. Rubrum</i> : 13,6 mm; dan ekstrak kloroform terhadap <i>C. parapsilosis</i> : 12,8 mm; <i>C. albicans</i> : 12,5 mm	Raj, dkk., 2017
Antibakteri	Ekstraksi: Maserasi Pelarut: Metanol Uji aktivitas antibakteri: Metode difusi cakram	Aktivitas antibakteri efektif terhadap: <i>B. subtilis</i> : 12 mm; <i>E. coli</i> : 10 mm; dan <i>S. aureus</i> : 13 mm	Alagan, dkk., 2017
	Ekstraksi: Soxhletasi Pelarut: Dietil eter, etil asetat, dan etanol 96 %	Aktivitas antibakteri paling efektif: ekstrak etil asetat terhadap <i>E. coli</i> : 9,26 mm dan ekstrak etanol 96 % terhadap <i>S. aureus</i> : 9,56 mm	Liswandari, dkk., 2018

Beberapa penelitian di atas menunjukkan bahwa *Ulva lactuca* memiliki aktivitas sebagai antioksidan, antifungi dan antibakteri.

2.3. *Ultrasonic-Assisted Extraction (UAE)*

Ultrasonic-assisted extraction (UAE) atau ekstraksi sonikasi adalah salah satu metode ekstraksi berbantu gelombang ultrasonik. Gelombang ultrasonik adalah gelombang suara yang memiliki frekuensi di atas pendengaran manusia (≥ 20 kHz) (Sholihah, dkk., 2017). Ekstraksi sonikasi merupakan metode nontermal yang digunakan dalam proses peningkatan rendemen ekstraksi dan pengurangan waktu ekstraksi (Vilkhu, dkk., 2008). Dengan bantuan gelombang ultrasonik, proses ekstraksi senyawa organik pada tanaman dengan menggunakan pelarut organik dapat berlangsung lebih cepat. Dinding sel dari bahan dipecah dengan getaran ultrasonik sehingga kandungan yang ada di dalamnya dapat keluar dengan mudah (Mason, 1990).

Prinsip kerja ekstraksi sonikasi adalah perambatan gelombang ultrasonik dari sumber getaran sonikator dalam medium pelarut secara longitudinal. Gelombang tersebut merambat melalui medium cair menyebabkan molekul air mengalami peregangan dan membentuk gelombang-gelombang mikro yang jika terus menerus menerima energi dari gelombang ultrasonik akan pecah sambil melepaskan energi yang besar disebut kavitasi. Kavitasi dengan energi besar akan menumbuk dinding sel bahan yang diekstrak dan memperbesar diameter pori. Akibatnya, pelarut akan dengan mudah melarutkan senyawa yang terdapat pada bahan dengan proses difusi (Santos, dkk., 2009). Kelebihan dari ekstraksi ultrasonik menurut Chemat, dkk. (2011) penggunaan ultrasonik pada proses ekstraksi dinilai dapat mempersingkat waktu ekstraksi dalam hitungan menit dan reproduktivitas tinggi. Rengga, dkk. (2019) juga menambahkan bahwa penggunaan gelombang ultrasonik memungkinkan proses dilakukan pada tekanan dan suhu lebih rendah,

mengurangi pemakaian bahan baku dan memungkinkan penggunaan energi yang lebih efisien.

Studi penelitian oleh Rahimi, dkk. (2016) mengenai optimasi *ultrasonic-assisted extraction* (UAE) dengan mengekstrak *Ulva intestinalis* dari Pantai Noor Provinsi Mazandaran Iran menggunakan pelarut etanol 80 % dengan melakukan variasi suhu (50-90 °C), waktu ekstraksi sonikasi (20-40 menit), perbandingan air dengan sampel (50-70) dan pH (7-9) dan didapat kondisi optimal yaitu suhu ekstraksi 66 °C, waktu ekstraksi sonikasi 40 menit dan rasio air ke bahan baku 50 dan pH 7 dan didapat rendemen sebesar 8,3 %.

2.4. Bakteri

Bakteri merupakan golongan prokariot, bersel sederhana dan memiliki ukuran hanya beberapa mikron sehingga tidak dapat dilihat dengan mata telanjang. Ukuran sel bakteri memiliki banyak variasi, namun ukuran diameter sel bakteri berkisar 0,2-2,0 µm dan panjang selnya berkisar antara 2-8 µm. Bentuk dasar sel bakteri dikelompokkan menjadi tiga, yaitu sel bakteri berbentuk bola (kokus), batang (basil), dan spiral (Boleng, 2015). Berdasarkan struktur dinding sel, bakteri dikelompokkan ke dalam bakteri gram negatif dan bakteri gram positif. Perbedaan ciri sel bakteri gram negatif dan gram positif dirangkum pada Tabel 2.2.

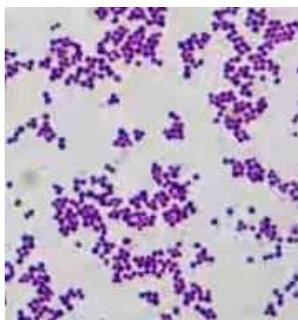
Tabel 2.2 Perbedaan ciri sel bakteri gram negatif dengan sel bakteri gram positif

No.	Aspek Perbedaan	Gram Positif	Gram Negatif
1.	Struktur dinding sel	Tebal (15–80 nm) dan berlapis tunggal	Tipis (10–15 nm) dan berlapis tiga
2.	Komposisi dinding sel	Kandungan lipid tinggi (11–22 %) Peptidoglikan berlapis tunggal dan tidak ada asam teikoat	Kandungan lipid rendah (1–4 %) Peptidoglikan multilapis dan ada asam teikoat
3.	Pertumbuhan dihambat oleh warna dasar, misalnya ungu	Dihambat dengan nyata	Tidak dihambat dengan nyata
4.	Persyaratan nutrisi	Lebih rumit	Kurang rumit
5.	Gangguan fisik	Lebih resisten	Kurang resisten

Sumber: Putri, dkk. (2017)

2.5. *Staphylococcus aureus*

Kata *Staphylococcus* merupakan kata yang berasal dari bahasa Yunani yaitu *Staphyle* mempunyai arti kelompok buah anggur dan *coccus* berarti benih bulat atau bola. *Aureus* mempunyai arti emas seperti matahari. *Staphylococcus aureus* didefinisikan sebagai bakteri berbentuk benih bulat atau bola dan bergerombol seperti buah anggur dan dapat menghasilkan pigmen berwarna kuning emas (Pelczar dan Chan, 2008). Bentuk sel isolat *Staphylococcus aureus* ditampilkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Bentuk sel isolat *Staphylococcus aureus* (Jamaluddin, dkk., 2017)

Klasifikasi dari *Staphylococcus aureus* adalah sebagai berikut (Jawetz, dkk., 2001):

Divisi : *Procaryotae*
Class : *Schizomycetes*
Ordo : *Eubacteriales*
Famili : *Micrococcaceae*
Genus : *Staphylococcus*
Spesies : *Staphylococcus aureus*

Staphylococcus aureus merupakan bakteri yang tidak bergerak karena tidak berflagel, dan tidak berspora. Bakteri ini dapat tumbuh dengan baik di laboratorium pada suhu optimum 37 °C. Sedangkan batas untuk pertumbuhan bakteri adalah 15 dan 40 °C (Pratiwi, 2009). Menurut penelitian Karimela, dkk. (2017) bakteri *Staphylococcus aureus* memiliki karakteristik fisiologis yaitu gram positif, berbentuk bulat, bergerombol, dan berdiameter 0,5-1 µm. *Staphylococcus aureus* banyak ditemukan pada kulit, rambut, hidung dan saluran pernapasan manusia maupun hewan. Bakteri ini juga berkembang biak dengan cepat di suhu ruang dan dapat menghasilkan tiga jenis hemolysin, dikenal sebagai racun alfa, beta, dan delta. Racun ini jika memasuki tubuh akan menyebabkan penyakit. Jalur utama penularan *Staphylococcus aureus* adalah melalui luka terinfeksi dan konsumsi makanan yang terkontaminasi (Jaja, dkk., 2020). Secara umum, pertumbuhan bakteri terbagi menjadi 4 fase, yaitu (Jawetz, dkk., 2001):

a. Fase lag

Pada fase ini bakteri belum mengalami pertumbuhan dan mulai menyesuaikan diri dengan lingkungan yang baru.

b. Fase logaritmik

Pada fase ini sel mulai mengadakan perubahan bentuk dan jumlahnya meningkat sehingga kurva meningkat dengan tajam. Kegiatan metabolismenya tinggi dan lebih peka terhadap antibiotik.

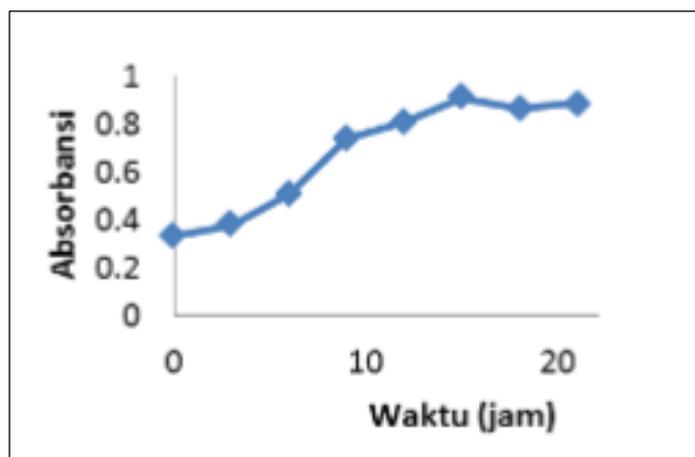
c. Fase stasioner

Pada fase ini pertumbuhan bakteri dan jumlah bakteri yang berkembang biak sama dengan yang mati dan kecepatan berkembang biak mulai berkurang. Terjadi pula akumulasi produk buangan yang toksik. Hal ini disebabkan buruknya media dan perubahan pH sehingga terjadi penyusutan jumlah sel.

d. Fase kematian

Pada fase ini jumlah sel yang mati lebih banyak dibandingkan yang membelah diri. Ketersediaan zat makanan dan menumpuknya zat beracun mengakibatkan matinya sel-sel mikroba.

Kurva pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* akan ditampilkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Kurva pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* (Maulana dan Mursiti, 2017)

Berdasarkan kurva pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* yang dilakukan Maulana dan Mursiti (2017) untuk mengetahui waktu optimum fase logaritmik, didapatkan hasil bakteri *Staphylococcus aureus* waktu optimum fase logaritmik yaitu pada jam ke 6-18.

2.6. Antibakteri

Antibakteri adalah golongan senyawa, baik alami maupun sintetik yang mempunyai efek menekan atau menghentikan suatu proses biokimia di dalam organisme, khususnya dalam proses infeksi oleh bakteri yang bersifat merugikan (Tenover, 2006). Pengendalian pertumbuhan mikroorganisme bertujuan untuk mencegah penyebaran penyakit dan infeksi dan membasmi mikroorganisme pada inang yang terinfeksi (Sulistyo, 1971). Mekanisme penghambatan terhadap pertumbuhan bakteri oleh senyawa antibakteri dapat berupa merusak dinding sel dengan cara menghambat pembentukannya atau mengubahnya setelah selesai terbentuk, perubahan permeabilitas membran sitoplasma sehingga menyebabkan keluarnya bahan makanan dari dalam sel, perubahan molekul protein dan asam nukleat, penghambatan kerja enzim, dan penghambatan sintesis asam nukleat dan protein (Pelczar dan Chan, 2008). Antibakteri dapat dibedakan berdasarkan cara kerjanya yaitu bakteriostatik dan bakterisidal. Bakteriostatik bekerja dengan cara menghambat pertumbuhan bakteri, sedangkan bakterisidal bekerja dengan cara mematikan bakteri secara langsung. Akan tetapi bakteriostatik dapat bertindak sebagai bakterisidal dalam konsentrasi tinggi (Ardiansyah, 2019).

Berdasarkan penelitian Alagan, dkk. (2017) melakukan uji aktivitas antibakteri dari ekstrak metanol *Ulva lactuca* Linn. yang diekstrak menggunakan

metode maserasi dan hasil yang didapat bahwa ekstrak metanol *Ulva lactuca* efektif dalam melawan bakteri patogen yaitu *Bacillus subtilis*, *Corynebacterium diphtheria*, *Escherichia coli*, *Pseudomona aeruginosa*, *Salmonella paratyphi*, dan *Staphylococcus aureus*. Penelitian lain juga dilakukan oleh Liswandari, dkk. (2018) melakukan uji aktivitas antibakteri dari alga hijau (*Ulva* sp.) yang diekstrak menggunakan metode sokletasi bertingkat dengan pelarut dietil eter, etil asetat, dan etanol dalam menghambat pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* didapatkan hasil yang paling efektif dalam menghambat pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* paling efektif dihambat oleh ekstrak etanol 96% dengan konsentrasi 750 ppm dengan zona hambat 9,56 mm. Adanya aktivitas antibakteri dari ekstrak alga hijau (*Ulva* sp.) dalam menghambat bakteri *Staphylococcus aureus*, hal ini dikarenakan adanya senyawa metabolit sekunder diantaranya triterpenoid, flavonoid, dan saponin. Anjali, dkk. (2019) melakukan perbandingan aktivitas antibakteri dari ekstrak *Ulva lactuca* dengan *Stoechospermum marginatum* yang diekstrak menggunakan pelarut metanol terhadap lima bakteri yang resisten terhadap obat, dua diantaranya yaitu *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. Hasil uji bakteri menunjukkan efek ekstrak metanol *Ulva lactuca* maksimum dalam menghambat *Escherichia coli* dengan zona hambat 8 mm dan tidak membentuk zona hambat untuk bakteri *Staphylococcus aureus*. Sedangkan ekstrak metanol *Stoechospermum marginatum* hanya membentuk zona hambat terhadap *Escherichia coli* sebesar 3 mm.

2.7. Metode Difusi Cakram

Uji aktivitas antibakteri mempunyai tujuan mengukur aktivitas daya antibakteri dari suatu senyawa kimia terhadap bakteri dan kepekaan suatu antibiotik terhadap konsentrasi-konsentrasi obat yang dikenal (Jawetz, dkk., 2001). Uji aktivitas antibakteri untuk menentukan kepekaan suatu bakteri patogen dapat dilakukan dengan metode difusi digunakan untuk menentukan aktivitas agen antibakteri (Pratiwi, 2009). Pada metode difusi cakram, yang diamati adalah diameter daerah hambatan pertumbuhan bakteri. Hal ini karena difusi terjadi ketika pemberian zat antimikrobia ke daerah difusi, dimana pemberian tersebut sebanding dengan kadar obat yang diberikan. *Minimum inhibitory concentration* (MIC) merupakan konsentrasi terendah bakteri yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri dengan hasil yang dilihat dari pertumbuhan koloni pada agar atau kekeruhan pada pembiakan cair (Soleha, 2015).

Metode difusi cakram dilakukan dengan cara piringan yang berisi agen antibakteri diletakkan pada media agar yang telah ditanami bakteri yang akan berdifusi pada media agar tersebut. Area jernih pada permukaan media agar mengindikasikan adanya hambatan pertumbuhan mikroorganisme oleh agen antibakteri. Semakin lebar diameter zona hambatan bakteri yang terbentuk berarti semakin sensitif (Pratiwi, 2009).

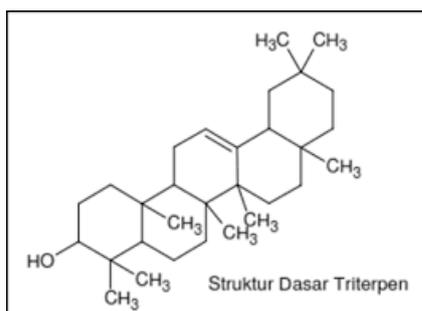
2.8. Uji Fitokimia

Uji fitokimia dilakukan untuk mengetahui secara kualitatif adanya golongan senyawa aktif dalam tumbuhan yang diharapkan dapat berperan sebagai antibakteri (Indriani, 2007). Senyawa dalam tumbuhan umumnya golongan

metabolit sekunder merupakan senyawa kimia yang umumnya mempunyai kemampuan bioaktivitas dan berfungsi sebagai pelindung tumbuhan tersebut dari gangguan hama penyakit untuk tumbuhan itu sendiri dan lingkungannya. Senyawa-senyawa kimia yang merupakan hasil metabolisme sekunder pada tumbuhan sangat beragam (Lenny, 2006).

2.8.1. Triterpenoid

Triterpenoid merupakan komponen tumbuhan yang mempunyai bau dan dapat diisolasi dari bahan nabati dengan penyulingan sebagai minyak atsiri. Triterpenoid adalah senyawa yang kerangka karbonnya berasal dari 6 satuan isoprena dan secara biosintesis diturunkan dari hidrokarbon C_{30} asiklik yaitu skualena. Senyawa ini berstruktur siklik yang kebanyakan berupa alkohol, aldehida, atau asam karboksilat (Harborne, 1996). Struktur dasar triterpenoid ditampilkan pada Gambar 2.4.



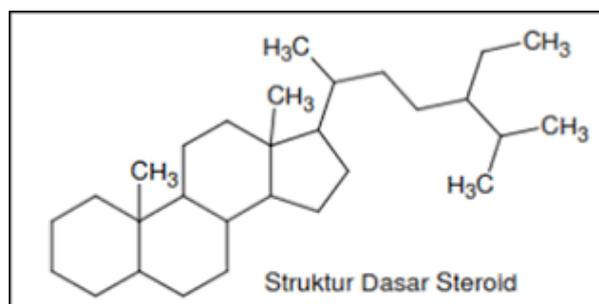
Gambar 2.4 Struktur dasar triterpenoid (Illing, dkk., 2017)

Golongan senyawa triterpenoid ditunjukkan dengan terbentuknya cincin kecoklatan ketika senyawa ditambahkan dengan asam sulfat pekat melalui dinding tabung reaksi (Robinson, 1995). Triterpenoid merupakan komponen resin dari tanaman yang diproduksi jika pohon menjadi rusak sebagai perlindungan fisik

terhadap serangan fungi dan bakteri. Selain itu, banyak komponen triterpenoid memiliki aktivitas antimikroba tinggi, baik membunuh mikroba patogen maupun memperlambat pertumbuhannya. Liswandari, dkk. (2018) melakukan uji fitokimia *Ulva* sp. menunjukkan hasil positif mengandung senyawa triterpenoid pada ekstrak dietil eter. Senyawa triterpenoid merupakan senyawa non polar yang umumnya akan tertarik oleh pelarut non polar.

2.8.2. Steroid

Senyawa steroid adalah senyawa derivat lipid yang tidak terhidrolisis. Steroid merupakan triterpen yang memiliki cincin siklopentana perhidro fenantrena sebagai kerangka dasarnya. Beberapa senyawa steroid mengandung gugus $-OH$ yang sering disebut dengan sterol, sehingga sifatnya cenderung lebih polar (Illing, dkk., 2017). Struktur dasar steroid ditampilkan pada Gambar 2.5.

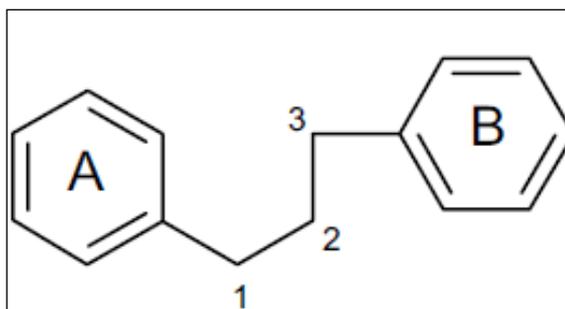


Gambar 2.5 Struktur dasar steroid (Illing, dkk., 2017)

Reagen yang digunakan untuk uji fitokimia pada senyawa golongan steroid adalah dengan menggunakan pereagen Lieberman–Buchard yang menghasilkan warna hijau biru. Reagen yang lain adalah dengan menggunakan pereagen Brieskorn dan Briner (asam klorosulfat dan Sesolvan NK) yang menghasilkan warna coklat (Robinson, 1995).

2.8.3. Flavonoid

Flavonoid merupakan suatu kelompok senyawa fenol yang terbesar yang ditemukan di alam. Flavonoid juga sering dijumpai dalam bentuk glikosidanya. Senyawa-senyawa ini merupakan zat warna merah, ungu, biru dan sebagai zat kuning yang terdapat dalam tanaman (Kristanti, 2008). Flavonoid merupakan suatu senyawa polifenol yang strukturnya merupakan turunan dari anti aromatik flavan atau 2-fenilbenzopira. Golongan flavonoid dapat digambarkan sebagai deretan senyawa $C_6-C_3-C_6$ artinya kerangka karbonnya terdiri atas dua gugus C_6 (cincin benzene tersubstitusi) disambungkan oleh rantai alifatik tiga karbon (Rohman dan Gandjar, 2007). Pengelompokan flavonoid dibedakan berdasarkan cincin heterosiklik-oksigen tambahan dan gugus hidroksil yang tersebar menurut pola yang berlainan pada rantai C_3 . Sesuai struktur kimianya yang termasuk flavonoid yaitu flavonol, flavon, flavanon, katekin, antosianidin, dan kalkon (Robinson, 1995). Struktur dasar flavonoid ditampilkan pada Gambar 2.6.



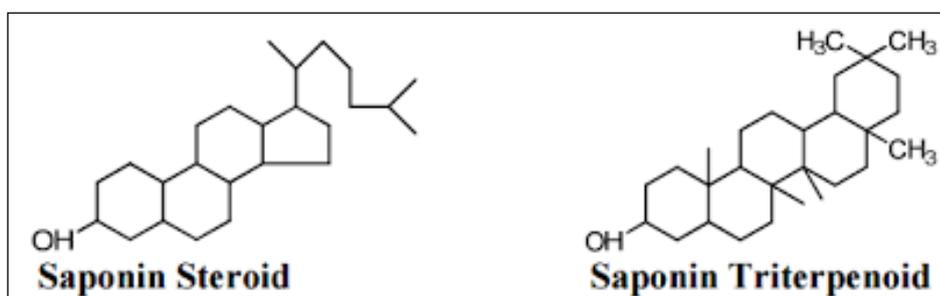
Gambar 2.6 Struktur dasar flavonoid (Illing, dkk., 2017)

Reduksi dengan Mg dan HCl pekat ini menghasilkan senyawa kompleks yang berwarna merah atau jingga pada flavonol, flavanon, flavanonol dan santon (Robinson, 1995). Menurut Rosa, dkk. (2010) senyawa golongan flavonoid

biasanya sebagai pigmen tumbuhan untuk menarik *pollinators* atau sebagai bahan pertahanan bagi hewan untuk melawan serangan mangsanya.

2.8.4. Saponin

Saponin merupakan metabolit sekunder dan merupakan kelompok glikosida triterpenoid atau steroid aglikon, terdiri dari satu atau lebih gugus gula yang berikatan dengan aglikon atau sapogenin, dapat membentuk kristal berwarna kuning dan amorf, serta berbau menyengat. Rasa saponin sangat ekstrim, dari sangat pahit hingga sangat manis. Saponin biasa dikenal sebagai senyawa non-volatil dan sangat larut dalam air (dingin maupun panas) dan alkohol, namun membentuk busa koloidal dalam air (Illing, dkk., 2017). Struktur dasar saponin ditampilkan pada Gambar 2.7.

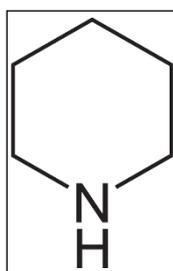


Gambar 2.7 Struktur dasar saponin steroid dan triterpenoid (Robinson, 1995)

Menurut Robinson (1995) saponin adalah senyawa polar yang keberadaannya dalam tumbuhan dapat diekstraksi dengan pelarut semipolar dan polar. beberapa saponin memiliki aktivitas sebagai antibakteri.

2.8.5. Alkaloid

Alkaloid adalah suatu golongan senyawa organik yang terbanyak ditemukan di alam. Hampir seluruh senyawa alkaloid berasal dari tumbuhan dan tersebar luas dalam berbagai jenis tumbuhan. Semua alkaloid mengandung paling sedikit satu atom nitrogen yang biasanya bersifat basa dan dalam sebagian besar atom nitrogen ini merupakan bagian dari cincin heterosiklik (Lenny, 2006). Struktur dasar alkaloid ditampilkan pada Gambar 2.8.



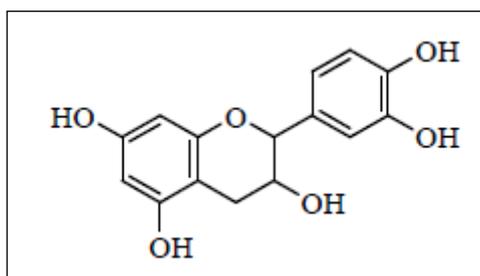
Gambar 2.8 Struktur dasar alkaloid (Robinson, 1995)

Pereaksi yang sering digunakan seperti pereaksi Wagner (iodium dalam kalium iodida), asam silikotungstat 5 %, asam tanat 5 %, pereaksi Dragendroff (kalium tetraiodobismutat), dan iodoplatinat. Hasil positif alkaloid pada uji Dragendroff juga ditandai dengan terbentuknya endapan coklat muda sampai kuning (Shoviyyah, 2019). Sebagian besar fungsi alkaloid pada tumbuhan terkait dengan perlindungan dan pertahanan tumbuhan (Babbar, 2015).

2.8.6. Tanin

Tanin merupakan golongan senyawa fenol yang terdapat pada daun, buah yang belum matang, dan merupakan golongan senyawa aktif tumbuhan yang termasuk golongan flavonoid, mempunyai rasa sepat dan mempunyai kemampuan

sebagai penolak hewan pemakan tumbuhan. Secara kimia tanin dibagi menjadi dua golongan yaitu tanin terkondensasi atau tanin katekin dan tanin terhidrolisis atau tanin galat (Harborne, 1996). Struktur dasar tanin ditampilkan pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Struktur dasar tanin (Harborne, 1996)

Tanin dapat berperan sebagai antibakteri dengan cara mengerutkan dinding sel atau membran sel sehingga mengganggu permeabilitas sel itu sendiri. Akibatnya, sel tidak dapat melakukan aktivitas hidup sehingga pertumbuhannya terhambat atau bahkan mati (Jannah, 2020).

2.9. Spektroskopi *Fourier Transform-Infra Red* (FTIR)

Spektroskopi FTIR merupakan salah satu teknik analitik yang sangat baik dalam proses identifikasi struktur molekul suatu senyawa. Komponen utama spektroskopi FTIR adalah interferometer yang mempunyai fungsi menguraikan radiasi inframerah menjadi komponen-komponen frekuensi. Tujuan utama analisis spektroskopi inframerah adalah menentukan gugus-gugus fungsi molekul. Spektra IR dapat dibagi dalam tiga daerah utaman, yaitu IR jauh ($< 400 \text{ cm}^{-1}$), IR tengah ($4000\text{-}400 \text{ cm}^{-1}$) dan IR dekat ($> 4000 \text{ cm}^{-1}$). Dari ketiga daerah tersebut, IR tengah merupakan daerah yang paling banyak digunakan untuk analisis karena semua molekul mempunyai absorbansi karakteristik dan vibrasi molekul utama daerah ini.

Ada dua tipe vibrasi molekuler yaitu *stretching* dan *bending*. Daerah antara 1400-4000 cm^{-1} pada bagian kiri spektrum inframerah merupakan daerah khusus untuk identifikasi gugus-gugus fungsional dimana daerah absorpsi diakibatkan oleh *stretching*. Daerah disebelah kanan 1400 cm^{-1} seringkali rumit karena absorpsi disebabkan oleh adanya *stretching* dan *bending*. Dalam daerah ini biasanya hubungan antara pita serapan dan gugus fungsional spesifik tidak dapat diamati dengan cermat. Namun, suatu senyawa pasti memiliki serapan tertentu yang unik di daerah ini sehingga disebut dengan *fingerprint region* (daerah sidik jari). Meskipun pada bagian kiri suatu spektrum sama dengan senyawa-senyawa yang mirip, daerah sidik jari juga penting untuk memutuskan kedua senyawa tersebut sama (Fessenden dan Fessenden, 1982).

Mekanisme yang terjadi pada FTIR yaitu sinar datang dari sumber sinar kemudian diteruskan, lalu akan dipecah oleh pemecah sinar menjadi dua bagian sinar yang saling tegak lurus. Sinar ini kemudian dipantulkan oleh dua cermin yaitu cermin diam dan cermin bergerak. Kemudian sinar hasil pantulan dari kedua cermin tersebut akan dipantulkan kembali menuju pemecah sinar akan diarahkan menuju cuplikan dan sebagian menuju sumber. Gerakan cermin yang maju mundur akan menyebabkan sinar pada detektor berfluktuasi. Sinar akan saling menguatkan ketika kedua cermin memiliki jarak yang berbeda. Fluktuasi sinar sampai pada detektor akan menghasilkan sinyal pada detektor yang terdapat pada interferometer. Interferometer berfungsi untuk mengatur intensitas sinar inframerah dari sumber sinar ke sampel. Interferometer menggunakan *beam splitter* untuk membelah sinar radiasi menjadi dua bagian. Adanya interferometer menjadikan spektrofotometer

dapat mengukur semua frekuensi tunggal sebelum sinyal mencapai detektor (Prastika, 2015).

Penelitian yang dilakukan Anjali, dkk. (2019) mengidentifikasi gugus fungsi yang terkandung pada *Ulva lactuca* menunjukkan terdapat pita kuat di sekitar bilangan gelombang 3691, 3668, 3630, 3606, dan 3367 cm^{-1} menunjukkan keberadaan gugus O-H. Puncak pada bilangan gelombang 3433, 1643, dan 1516 cm^{-1} menunjukkan keberadaan gugus amida. Pita yang terbentuk pada 3294, 2951, dan 2823 cm^{-1} menunjukkan C-H *stretching* kelompok alkana. Pita yang terbentuk pada bilangan gelombang 1446 cm^{-1} menunjukkan α -CH₂ *bending* dari gugus aldehida atau keton, dan pita pada bilangan gelombang 1203 cm^{-1} sesuai dengan O-C-O-C *stretch*. Identifikasi gugus fungsi dari komponen aktif *Ulva lactuca* akan dirangkum pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Identifikasi gugus fungsi komponen aktif *Ulva lactuca*

Bilangan Gelombang (cm^{-1})	Ikatan	Gugus Fungsi	Bilangan Gelombang <i>Ulva lactuca</i> (cm^{-1})
3500-3200	O-H <i>stretch</i> , H-bonded	Alkohol, fenol	3406,60
2300-2200	C \equiv N <i>stretch</i>	Nitril	2295,04
1670-1600	C=O <i>stretch</i>	Amida	1634,33
1500-1400	C-C <i>stretch</i>	Aromatik	1428,88
1400-1300	N=O <i>bend</i>	Nitrometana	1384,42
1250-1020	C-N <i>stretch</i>	Amina alifatik	1144,12
1250-1020	C-N <i>stretch</i>	Amina alifatik	1086,14
950-910	O-H <i>bend</i>	Asam karboksilat	928,18
850-550	C-Cl <i>stretch</i>	Alkil halida	848,99
690-515	C-Br <i>stretch</i>	Alkil halida	620,15

Sumber: Radhika dan Ameer (2015)

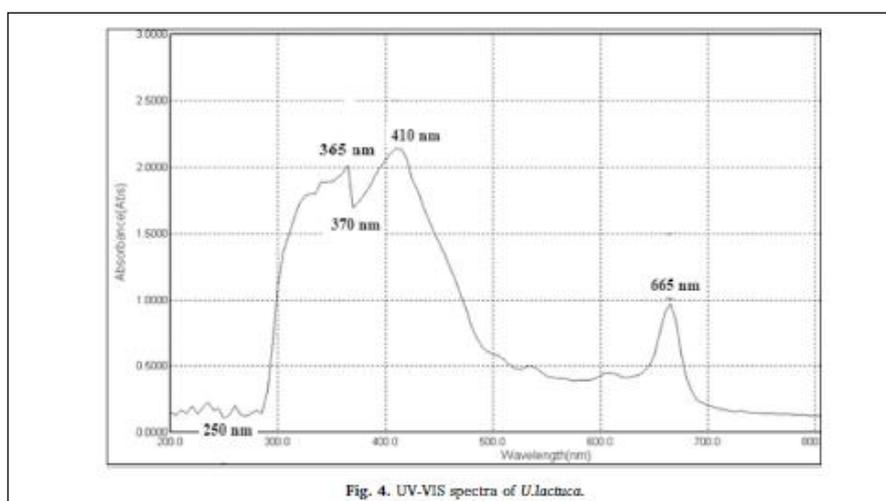
2.10. Spektroskopi *Ultra Violet-Visible* (UV-Vis)

Spektroskopi UV-Vis adalah salah satu metode instrumen yang paling sering diterapkan dalam analisis kimia untuk mendeteksi senyawa (padat/cair) berdasarkan absorbansi foton (Irawan, 2019). Menurut Suarsa (2015) prinsip spektrofotometri UV-Vis adalah radiasi elektromagnetik mengenai larutan sampel, oleh larutan sampel diserap energi/radiasi yang menyebabkan terjadi interaksi antara materi (atom atau molekul) dengan radiasi elektromagnetik. Jumlah intensitas radiasi yang diserap oleh larutan sampel terukur dalam bentuk transmitansi dan absorbansi akan dikonversi menjadi konsentrasi analit dan menjadi data kuantitatif.

Sinar ultraviolet dan cahaya tampak memiliki energi yang cukup untuk menyebabkan transisi antar tingkat energi elektronik. Panjang gelombang sinar yang terserap memiliki energi yang sesuai untuk memindahkan sebuah elektron dari tingkat energi yang lebih rendah ke tingkat energi yang lebih tinggi (Dachriyanus, 2004). Spektroskopi UV-Vis kebanyakan diterapkan pada senyawa organik berdasarkan transisi $n-\pi^*$ ataupun $\pi-\pi^*$ karenanya memerlukan kehadiran gugus kromofor dalam molekul itu. Transisi ini terjadi dalam daerah spektrum sekitar 200-700 nm (Day dan Underwood, 1989). Hukum Lambert-Beer menunjukkan bahwa absorbansi sebanding dengan konsentrasi molekul yang diserap dan jarak tempuh sinar yang dinyatakan dalam persamaan 2.1.

$$A = \frac{\log I_0}{\log I_t} = \log \frac{1}{T} = \epsilon b c \dots\dots\dots(2.1)$$

Dengan, A = absorbansi ; I_0 = Intensitas awal; I_t = Intensitas setelah melalui media ; T = transmittansi ; ε = absorbtivitas molar ; b = tebal media ; c = konsentrasi larutan (Skoog dan West, 1971). Menurut Khopkar (2008) pengukuran absorbansi atau transmittansi dengan spektroskopi UV-Vis pada panjang gelombang tertentu dapat digunakan analisis kuantitatif sehingga konsentrasi suatu larutan dapat diketahui. Selain itu juga dapat digunakan untuk karakterisasi gugus fungsi dalam suatu senyawa. Spektum UV-Vis *Ulva lactuca* ditampilkan pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Spektrum UV-Vis *Ulva lactuca* (Anjali, dkk., 2019)

Berdasarkan penelitian Anjali, dkk. (2019) hasil spektrum serapan UV-Vis dari ekstrak metanol *Ulva lactuca*, puncak penyerapan yang kuat diamati pada panjang gelombang antar 200-900 nm. didapatkan hasil puncak pada panjang gelombang 365 nm sesuai dengan kelompok amida dan puncak yang selanjutnya pada 410 nm. Berdasarkan penelitian Wahjuni, dkk. (2016) menyatakan serapan pada panjang gelombang 410 nm diduga adanya transisi $n \rightarrow \pi^*$ dari kromofor C=O.

2.11. Pemanfaatan *Ulva lactuca* dalam Perspektif Islam

Manusia adalah makhluk ciptaan Allah yang paling sempurna dan memiliki derajat paling tinggi dibandingkan dengan makhluk yang lain. Sebab besarnya kasih sayang Allah Swt. kepada manusia diberikanlah akal untuk berpikir. Kemampuan berpikir pada diri manusia itulah yang menjadikan pembeda sehingga manusia dikatakan sebagai makhluk sempurna.

Salah satu yang dapat dipikirkan dalam bidang sains adalah dengan melakukan penelitian mengenai apa saja yang ada di alam. Seperti kita ketahui bahwa segala sesuatu yang ada di muka bumi sangat beragam. Keanekaragaman ini merupakan bukti kebesaran Allah Swt., dimana telah dijelaskan dalam QS. Luqman: 10.

خَلَقَ السَّمَوَاتِ بِغَيْرِ عَمَدٍ تَرَوْنَهَا ۖ وَأَلْقَىٰ فِي الْأَرْضِ رَوْسِي أَن تَمِيدَ بِكُمْ ۖ وَبَثَّ
فِيهَا مِن كُلِّ دَابَّةٍ ۗ وَأَنزَلْنَا مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَنبَتْنَا فِيهَا مِن كُلِّ زَوْجٍ كَرِيمٍ

Artinya:

“Dia menciptakan langit tanpa tiang yang kamu melihatnya dan Dia meletakkan gunung-gunung (di permukaan) bumi supaya bumi itu tidak menggoyangkan kamu; dan memperkembang biakkan padanya segala macam jenis binatang. Dan Kami turunkan air hujan dari langit, lalu Kami tumbuhkan padanya segala macam tumbuh-tumbuhan yang baik.” (QS. Luqman:10).

Firman Allah tersebut menjelaskan bahwa Allah Swt. mengajak manusia untuk belajar dari seluruh yang ada di alam dan memperhatikan apa yang dilihat di hamparan bumi. Allah menciptakan langit tanpa tiang-tiang yang dapat dilihat oleh manusia, serta menjadikan gunung-gunung yang kokoh di bumi agar tidak ada yang menggoyangkan, menurunkan air hujan ke bumi agar tumbuhan bisa berkembang

dan subur, serta Allah tumbuhkan di bumi berbagai macam pasangan tumbuh-tumbuhan yang baik dan membawa kebermanfaatan bagi manusia. Hal ini pertanda bahwa atas kekuasaan Allah Swt. dan anugerah-Nya yang tidak terhingga kepada manusia.

Kata “*zaujin*” berarti pasangan. Pada ayat ini yang dimaksud pasangan adalah pasangan tumbuh-tumbuhan karena tumbuhan memiliki pasangan berupa benang sari dan putik yang berguna untuk pertumbuhan dan perkembangannya, sedangkan kata “*kariim*” menggambarkan segala sesuatu yang baik terhadap objek yang disifatinya yang dalam hal ini merupakan tumbuhan yang baik adalah tumbuhan yang subur dan bermanfaat (Shihab, 2002). Tanaman yang baik berdasarkan firman Allah Swt. merupakan tanaman yang dapat dimanfaatkan sebagai tanaman obat. Utami (2014) menyatakan bahwa ayat tersebut mengisyaratkan bahwa Allah Swt. memperingatkan akan keagungan dan kekuasaan-Nya, jika mereka melihat dengan hati dan mata mereka niscaya mereka akan mengetahui bahwa Allah yang berhak untuk disembah karena Mahakuasa atas segala sesuatu termasuk dalam penciptaan tumbuh-tumbuhan yang dapat dimanfaatkan oleh manusia salah satunya sebagai sumber obat.

Ulva lactuca yang termasuk dalam *father seaweed* yaitu rumput laut yang dapat dimakan, mempunyai kandungan salah satunya sebagai antibakteri (Arbi, dkk., 2016). Antibakteri adalah suatu senyawa aktif yang dapat membunuh atau menghambat bakteri yang dapat menyebabkan penyakit atau bersifat patogen. Sehingga dengan adanya penelitian ini dapat diketahui bahwa *Ulva lactuca* merupakan salah satu tanaman yang dapat digunakan sebagai obat untuk suatu penyakit yang disebabkan oleh bakteri. Pemanfaatan *Ulva lactuca* sebagai tanaman

obat merupakan salah satu upaya mengikuti sunnah nabi yang telah diterangkan melalui Hadist Rasulullah saw. yang diriwayatkan dari Ibnu Mas'ud, Nabi Muhammad saw. bersabda,

إِنَّ اللَّهَ لَمْ يَنْزِلْ دَاءً إِلَّا أَنْزَلَ لَهُ شِفَاءً، عِلْمُهُ مَنْ عِلْمِهِ وَجَهْلُهُ مَنْ جَهْلُهُ

Artinya:

“*Sesungguhnya Allah Ta'ala tidak menurunkan penyakit, kecuali Allah juga menurunkan obatnya. Ada orang yang mengetahui ada pula yang tidak mengetahui.*” (HR. Ahmad).

Setiap persoalan masalah pasti terdapat solusi. Begitu pula dengan suatu penyakit, Allah Swt. menurunkan penyakit pasti terdapat penawarnya. Salah satu ikhtiar dalam mencari solusi dari suatu permasalahan melalui sebuah riset atau penelitian. Pemanfaatan *Ulva lactuca* sebagai antibakteri dalam penelitian ini contohnya. Liswandari, dkk. (2018) melakukan uji aktivitas antibakteri dari alga hijau (*Ulva* sp.) didapatkan hasil adanya senyawa metabolit sekunder di antaranya triterpenoid, flavonoid, dan saponin yang dapat menghambat bakteri *Staphylococcus aureus* yang sering menjadi penyebab keracunan makanan dan berbagai infeksi pada tubuh. Hal ini membuktikan tumbuhan yang Allah Swt. ciptakan memiliki komponen kimia yang kompleks, bermanfaat dan berpotensi sebagai obat.

Manusia telah diberikan banyak petunjuk untuk menguak rahasia alam melalui riset atau penelitian yang hakikatnya bentuk penafsiran dari ayat-ayat al-Quran dan hadist-hadist nabi. Hal ini upaya untuk mengembangkan ilmu pengetahuan dan teknologi demi kelangsungan hidup di masa depan.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada Bulan Agustus-November 2021 di Laboratorium Biokimia, Program Studi Kimia, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

3.2. Alat dan Bahan

3.2.1. Alat

Alat-alat yang digunakan untuk penelitian ini adalah neraca analitik, spatula, kaca arloji, blender, *oven*, ayakan mesh 90, *beaker glass*, pipet volume, bola hisap, gelas ukur, erlenmeyer, *shaker*, *ultrasonic bath*, magnetik stirer, pipet tetes, erlenmeyer, *rotary evaporator*, labu alas bulat, *autoclav*, jangka sorong, mikropipet, kawat ose, inkubator, *laminar air flow* (LAF), cawan petri, *blue tip*, *yellow tip*, pinset, tabung reaksi, bunsen, korek api, vial, pengaduk gelas, termometer, lemari pendingin, corong *buchner vacuum*, *hot plate*, oven, spektroskopi FTIR, dan UV-Vis.

3.2.2. Bahan

Bahan yang digunakan untuk penelitian ini adalah alga hijau jenis (*Ulva Lactuca*) berasal dari Laut Serangan di Bali. Bahan-bahan kimia yang digunakan diantaranya adalah aquades, etanol 96 %, asam sulfat pekat, asam asetat anhidrat, kloroform, serbuk magnesium (Mg), asam klorida pekat, FeCl₃, larutan reagen (Dragendroff, Mayer), KBr, aluminium foil, kertas saring, kertas cakram (6 mm),

kapas, ciprofloxacin (antibiotik pembanding), dimetil sulfoksida (DMSO), media nutrient agar (NA), media nutrient broth (NB), isolat murni bakteri *Staphylococcus aureus*.

3.3. Rancangan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksploratif laboratorik yang bertujuan untuk mengetahui hasil isolasi aktif dari Alga Hijau *Ulva lactuca* sebagai antibakteri terhadap *Staphylococcus aureus* dengan melakukan variasi lama ekstraksi. Proses penelitian ini diawali dengan melakukan preparasi sampel. Seluruh bagian alga hijau *Ulva lactuca* dikeringkan menggunakan oven dan dihaluskan. Kemudian dilanjutkan proses ekstraksi dengan metode sonikasi. Ekstraksi sonikasi yang pertama dilakukan menggunakan pelarut etanol 96 % dengan suhu 37 °C dan variasi waktu 20, 30, 40, 50, dan 60 menit. Ekstraksi ini dilakukan duplo. Selanjutnya ekstrak yang diperoleh hasil sonikasi diuapkan menggunakan *rotary evaporator*. Kemudian ekstrak pekat etanol 96 % yang didapat dihitung rendemennya.

Pengujian aktivitas antibakteri terhadap *Staphylococcus aureus* dengan metode difusi cakram. Kertas cakram steril direndam dalam ekstrak etanol 96 % yang telah divariasikan konsentrasinya yaitu 0,075, 0,1, 0,125, 0,15, 0,175, dan 0,2 %. Larutan kontrol negatif menggunakan DMSO dan kontrol positif menggunakan ciprofloxacin. Kemudian diinkubasi selama 24 jam dan diameter zona hambat diukur.

Ekstrak etanol alga hijau *Ulva lactuca* diidentifikasi golongan senyawa aktifnya menggunakan reagen fitokimia meliputi uji triterpenoid, steroid,

flavonoid, saponin, alkaloid, dan tanin. Kemudian dilakukan identifikasi gugus fungsi dari komponen aktif menggunakan spektroskopi FTIR dan UV-Vis.

3.4. Tahapan Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan dengan tahapan-tahapan sebagai berikut:

- a. Preparasi sampel;
- b. Ekstraksi senyawa aktif menggunakan metode sonikasi;
- c. Uji aktivitas antibakteri terhadap *Staphylococcus aureus*;
- d. Uji fitokimia;
- e. Identifikasi gugus fungsi dari senyawa aktif menggunakan spektroskopi FTIR dan UV-Vis.

3.5. Pelaksanaan Penelitian

3.5.1. Preparasi Sampel

Alga hijau *Ulva lactuca* dicuci bersih, kemudian *Ulva lactuca* dikeringkan menggunakan oven. *Ulva lactuca* kering dihaluskan menggunakan blender. Serbuk alga hijau *Ulva lactuca* diayak menggunakan ayakan yang berukuran mesh 90 (Shoviyyah, 2019).

3.5.2. Ekstraksi Sonikasi Alga Hijau *Ulva lactuca*

Proses ekstraksi sonikasi digunakan *Ulva lactuca* yang telah dikeringkan ditimbang sebanyak 50 gram yang dibagi lima sama banyak masing-masing 10 gram. Masing-masing direndam pelarut etanol 96 % sebanyak 50 mL. Perbandingan bahan dan pelarut mengacu pada penelitian Rashad, dkk. (2021) 1:5 (w/v). Kemudian ditempatkan pada *ultrasonic bath* yang telah berisi air. Suhu yang

digunakan mengacu pada penelitian Kumar, dkk. (2020) yakni 37 °C dan variasi waktu sonikasi mengacu pada penelitian Rahimi, dkk. (2016) yang mengalami modifikasi yakni 20, 30, 40, 50, dan 60 menit. Dilanjutkan dengan menyaring untuk memisahkan filtrat dan residu. Filtrat yang diperoleh berupa ekstrak cair, kemudian dipisahkan dengan *rotary evaporator* dengan suhu 40 °C. Ekstrak pekat yang diperoleh ditimbang lalu dihitung rendemen dengan persamaan 3.1.

$$\% \text{ rendemen} = \frac{\text{berat ekstrak}}{\text{berat sampel}} \times 100 \% \dots\dots\dots(3.1)$$

3.5.3. Sterilisasi Alat dan Bahan

Sterilisasi dilakukan dengan cara mencuci alat-alat hingga bersih dan kemudian dikeringkan. Alat-alat dibungkus menggunakan kertas yang tahan panas. Selanjutnya memasukkan semua alat dan bahan (termasuk media) ke dalam *autoclav* selama 15 menit dengan suhu 121 °C. Lalu didinginkan pada suhu ruang (Ardiansyah, 2019).

3.5.4. Pembuatan Media

3.5.4.1. Pembuatan Media *Nutrient Agar* (NA)

Media NA dibuat dengan cara diambil sebanyak 2 gram dilarutkan dalam 100 mL aquades dalam erlenmeyer kemudian ditutup dengan kapas. Dipanaskan menggunakan *hot plate* sampai mendidih kemudian dimasukan ke dalam tabung reaksi secara aseptik untuk membuat media agar miring (Ardiansyah, 2019). Media NA ini digunakan untuk regenerasi bakteri *Staphylococcus aureus*.

3.5.4.2. Pembuatan Media *Nutrient Broth* (NB)

Media NB diambil sebanyak 0,8 gram kemudian dilarutkan dalam 100 mL aquades dalam erlenmeyer kemudian ditutup dengan kapas. Suspensi dipanaskan menggunakan *hot plate* sampai mendidih, kemudian dimasukkan ke dalam tabung reaksi secara aseptik, tabung reaksi ditutup dengan kapas, disterilkan dalam *autoclav* pada suhu 121 °C selama 15 menit dengan tekanan 15 psi (Ardiansyah, 2019).

3.5.5. Regenerasi Bakteri *Staphylococcus aureus*

Bakteri *Staphylococcus aureus* diambil sebanyak 1 ose dari biakan murni lalu digoreskan pada media NA miring secara aseptik. Saat dilakukan penggoresan bakteri, tabung didekatkan ke api. Kemudian tabung ditutup kembali dengan kapas dan diinkubasi selama 24 jam pada suhu 37 °C dalam inkubator (Ardiansyah, 2019).

3.5.6. Inokulum Bakteri *Staphylococcus aureus*

Hasil regenerasi bakteri *Staphylococcus aureus* diambil sebanyak 1 ose disuspensikan dalam 25 mL media NB secara aseptik dan diinkubasi dengan *incubator shaker* selama 6 jam untuk *Staphylococcus aureus* pada suhu 37 °C. Larutan ini berfungsi sebagai biakan aktif. Diukur nilai *optical density* (OD) yakni sebesar 0,5 pada panjang gelombang 600 nm.

3.5.7. Pembuatan Larutan Kontrol

3.5.7.1. Pembuatan Larutan Ciprofloxacin

Larutan kontrol positif dibuat dari sediaan obat tablet ciprofloxacin 500 mg, dengan cara satu tablet ciprofloxacin digerus. Kemudian ditimbang sebanyak 3,75 mg dilarutkan dalam 5 mL aquades sehingga didapatkan konsentrasi 750 mg/mL.

3.5.7.2. Pembuatan Larutan DMSO

Larutan kontrol negatif dalam uji daya hambat dibuat dari DMSO 10 % digunakan sebagai pengencer (pelarut pembawa ekstrak). Ekstrak *Ulva lactuca* diencerkan dengan DMSO dan aquades. Untuk mendapatkan DMSO 10 % maka dibutuhkan DMSO sebesar 10 mL dan ditambah aquades sebesar 90 mL (Ardiansyah, 2019).

3.5.8. Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak *Ulva lactuca* terhadap *Staphylococcus aureus*

Pengujian aktivitas antibakteri dari ekstrak alga hijau *Ulva lactuca* terhadap *Staphylococcus aureus* dengan metode difusi cakram. Uji aktivitas antibakteri menggunakan ekstrak etanol 96 % yang dilakukan variasi konsentrasi 0,075, 0,1, 0,125, 0,15, 0,175 %, dan 0,2 %. Kontrol positif menggunakan ciprofloxacin dan kontrol negatif menggunakan DMSO. Uji antibakteri dilakukan berdasarkan metode *disc diffusion Kirby and Bauer* (difusi agar) menggunakan kertas cakram.

Pertama, disiapkan ekstrak *Ulva lactuca* dan larutan kontrol. Kemudian secara aseptik kertas cakram direndam pada ekstrak *Ulva lactuca* yang telah

divariasi waktu sonikasi dan larutan kontrol ciprofloxacin dan DMSO selama 1 jam. Kedua, larutan bakteri *Staphylococcus aureus* yang telah diinokulum ke media NB diambil sebanyak 0,2 mL dan dimasukkan ke dalam cawan petri steril. Secara *pour plate*, media NA dituangkan ke dalam cawan petri yang berisi larutan bakteri. Kemudian dihomogenkan dan dibiarkan hingga memadat. kertas cakram steril diletakkan di atas permukaan media bakteri menggunakan pinset dan ditekan sedikit. Selanjutnya diinkubasi pada suhu 37 °C selama 24 jam sampai muncul daerah hambatan (Rachmawaty, 2016).

Uji aktivitas antibakteri dilakukan triplo. Diamati zona hambat yang terbentuk dan diukur diameternya menggunakan jangka sorong untuk menentukan aktivitas antibakteri. Sampel yang mempunyai aktivitas antibakteri ditunjukkan dengan terbentuknya zona hambat disekitar kertas cakram. Luas zona hambat ditentukan dengan persamaan 3.2.

$$\text{Zona hambat} = \text{Zona hambat keseluruhan} - \text{diameter cakram} \dots \dots \dots (3.2)$$

Hasil dari pengukuran zona hambat dibandingkan kriteria kekuatan daya hambat bakteri yang dirangkum pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Kategori Diameter Zona Hambat

Hambat Diameter	Kekuatan Daya Hambat
≤ 5 mm	Lemah
5 – 10 mm	Sedang
10 – 20 mm	Kuat
≥ 20 mm	Sangat kuat

3.5.9. Identifikasi Golongan Senyawa Aktif Menggunakan Reagen

3.5.9.1. Uji Triterpenoid dan Steroid

Ekstrak alga hijau *Ulva lactuca* diambil 1 mg dilarutkan dalam 0,5 mL kloroform, ditambahkan asam asetat anhidrat sebanyak 0,5 mL dan asam sulfat pekat 1-2 mL. Larutan dikocok perlahan dan biarkan selama beberapa menit. Positif mengandung steroid akan memberikan warna hijau kebiruan, sedangkan triterpenoid ditunjukkan dengan terbentuknya cincin kecoklatan atau violet pada perbatasan dua pelarut (Ardiansyah, 2019).

3.5.9.2. Uji Flavonoid

Ekstrak alga hijau *Ulva lactuca* diambil 1 mg sambil ditambahkan 1-2 mL metanol 50 % panas. Kemudian ditambahkan serbuk magnesium (Mg) dan 1 mL HCl pekat, kemudian dikocok kuat. Uji positif ditunjukkan dengan terbentuknya warna merah atau jingga (Jannah, 2020).

3.5.9.3. Uji Saponin

Ekstrak alga hijau *Ulva lactuca* diambil 1 mg, kemudian ditambahkan 10 mL aquades sambil dikocok selama 1 menit, apabila menimbulkan busa yang tetap stabil selama 10 menit dengan ketinggian 1-3 cm, maka ekstrak positif mengandung saponin (Jannah, 2020).

3.5.9.4. Uji Alkaloid

Ekstrak alga hijau *Ulva lactuca* diambil 1 mg, dimasukkan dalam tabung reaksi ditambah 0,5 mL HCl 2 % dan larutan dibagi dalam dua tabung. Tabung 1

ditambahkan 2-3 tetes reagen Dragendroff, tabung 2 ditambahkan 2-3 tetes reagen Mayer. Hasil positif alkaloid apabila terbentuk endapan jingga dengan reagen Dragendroff dan endapan putih atau kekuningan dengan reagen Mayer (Shoviyyah, 2019).

3.5.9.5. Uji Tanin

Ekstrak alga hijau *Ulva lactuca* diambil 1 mg, dimasukkan dalam tabung reaksi ditambah 2-3 tetes larutan FeCl_3 1 %. Apabila larutan menghasilkan warna hijau kehitaman atau biru tua, maka ekstrak tersebut mengandung tanin (Shoviyyah, 2019).

3.5.10. Identifikasi Senyawa Aktif Menggunakan Spektroskopi FTIR

Senyawa target yang berbentuk padat digerus dengan garam KBr (2:98) lalu dibuat pelet menggunakan diameter 7 mm. Pelet kemudian diletakkan pada *sample holder* dan diukur serapannya pada daerah $4000\text{-}400\text{ cm}^{-1}$. Sampel yang akan dianalisis harus dipastikan dalam kondisi kering serta bebas dari kotoran sekitar wadah penampung (Soejoko dan Wahyuni, 2002).

3.5.11. Identifikasi Senyawa Aktif Menggunakan Spektroskopi UV-Vis

Ekstrak etanol *Ulva lactuca* yang memiliki aktivitas antibakteri paling efektif, diambil 4 mL ekstrak *Ulva lactuca* dilarutkan berdasarkan pelarutnya. Selanjutnya, dimasukkan ke dalam kuvet dan dianalisis pada rentang panjang gelombang 200-800 nm (Jannah, 2020).

3.5.12. Analisis Data

Data yang diperoleh dari penelitian tahap pertama berupa diameter zona hambat hasil uji aktivitas antibakteri dari hasil ekstrak etanol *Ulva lactuca* yang dilakukan variasi waktu sonikasi dan variasi konsentrasi. Data tersebut kemudian dianalisis dengan uji ANOVA menggunakan SPSS. Analisa secara statistik ini digunakan untuk mengetahui nilai signifikansi pengaruh variasi waktu sonikasi dan variasi konsentrasi ekstrak etanol *Ulva lactuca* terhadap aktivitas antibakteri dari *Staphylococcus aureus*. Hipotesis yang diajukan pada analisa ini adalah:

- a. H_0 = (Hipotesis awal), tidak ada perbedaan pengaruh variasi waktu sonikasi dan variasi konsentrasi ekstrak etanol *Ulva lactuca* terhadap aktivitas antibakteri dari *Staphylococcus aureus*
- b. H_1 = (Hipotesis alternatif), terdapat minimal satu pengaruh variasi waktu sonikasi dan variasi konsentrasi ekstrak etanol *Ulva lactuca* terhadap aktivitas antibakteri dari *Staphylococcus aureus*

Hipotesis tersebut diuji berdasarkan dua aspek yaitu uji F dan uji probabilitas (p-value/sig). Pada pengujian nilai F dinyatakan, jika nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$ maka perlakuan ekstrak terdapat pengaruh sehingga H_0 ditolak dan begitu juga sebaliknya. Uji probabilitas dinyatakan jika signifikansi (sig.) kurang dari alpha (5 %) maka H_0 ditolak dan sebaliknya untuk mengetahui pengaruh waktu sonikasi dan konsentrasi terhadap aktivitas antibakteri *Staphylococcus aureus*.

Selanjutnya dilakukan uji lanjut menggunakan metode statistik uji beda nyata jujur (BNJ) atau disebut juga *honestly significance difference test* (HSD). Uji ini dilakukan untuk menguji perlakuan dari faktor pengujian ANOVA dinyatakan signifikan atau terdapat minimal 1 pasang perlakuan yang memiliki pengaruh yang

berbeda, sehingga untuk mengetahui perlakuan mana yang memiliki pengaruh yang berbeda maka perlu dilakukan uji lanjut atau uji perbandingan berganda. Uji BNT dinotasikan dengan huruf yang sama menunjukkan tidak terdapat perbedaan antara zona hambat bakteri terhadap perlakuan, sedangkan jika hurufnya berbeda maka sebaliknya.

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

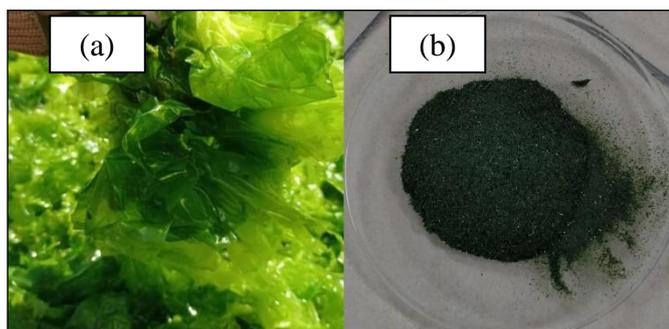
4.1. Preparasi Sampel

Sampel yang digunakan adalah alga hijau jenis *Ulva lactuca* yang sudah berbentuk butiran serbuk, diperoleh berasal dari Laut Serangan, Kec. Denpasar Selatan, Bali. Preparasi sampel dilakukan di Materia Medika, terdiri dari 3 tahap yaitu pengeringan, penghalusan dan pengayakan. Pengeringan sampel dilakukan dengan cara dioven yang bertujuan untuk menurunkan kadar air dan mempermudah proses penyimpanan, suhu yang digunakan 50 °C untuk mencegah kerusakan senyawa zat aktif. Kerusakan tersebut dapat terjadi akibat penguraian zat aktif secara enzimatis seperti hidrolisis, oksidasi, dan polimerisasi sehingga rendemen yang didapat akan turun. Analisis kadar air bertujuan untuk mengetahui kadar air yang terkandung dalam biomassa *Ulva lactuca*. Tinggi rendahnya kadar air pula dapat mempengaruhi proses ekstraksi. Semakin rendah kadar air akan mempermudah proses penarikan zat aktif dalam sampel karena pelarut lebih mudah menembus dinding sel sampel tanpa ada gangguan dari molekul air. Kadar air dari sampel *Ulva lactuca* diperoleh sebesar 7,68 %. Hasil kadar air akan dirangkum pada Tabel 4.1 dan dapat dilihat pada Lampiran 4.1

Tabel 4.1 Hasil kadar air *Ulva lactuca*

Ulangan	Kadar Air (%)
1	7,91
2	7,66
3	7,49
Rata-rata	7,68

Pada keadaan kering dapat mencegah tumbuhnya jamur dan bakteri yang dapat menyebabkan pembusukan dan mencegah perubahan kimiawi yang dapat menurunkan mutu serbuk. Sampel yang telah halus dilakukan pengayakan menggunakan ayakan mesh 90. Tujuan pengayakan untuk menghilangkan pengotor, menseragamkan ukuran serbuk, dan memperluas permukaan. Semakin kecil ukuran serbuk maka semakin besar luas permukaan sampel sehingga mempermudah kelarutan komponen bioaktif (Baraja, 2008). Sampel *Ulva lactuca* akan ditampilkan pada Gambar 4.1.

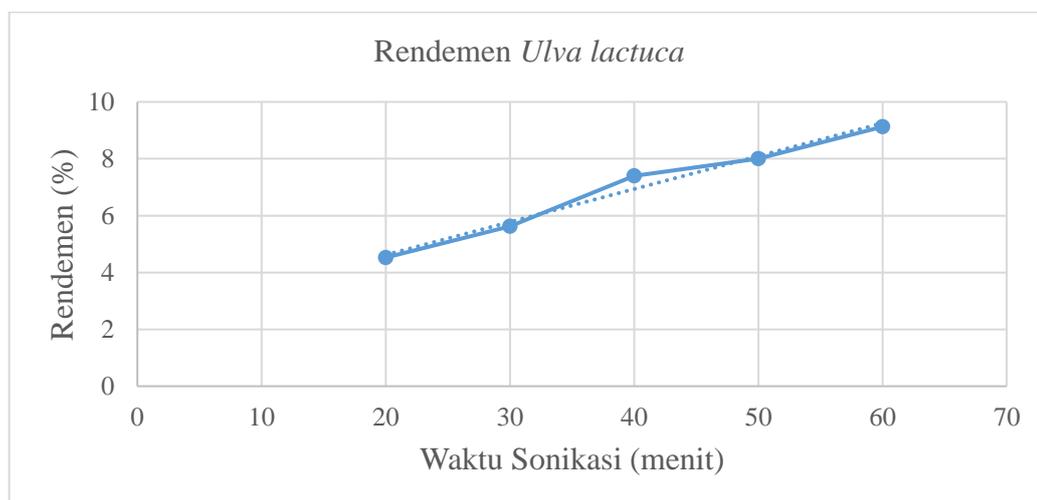


Gambar 4.1 Sampel *Ulva lactuca* (a) basah, (b) bubuk

4.2. Ekstraksi Sonikasi Alga Hijau *Ulva lactuca*

Ekstraksi merupakan proses pemisahan analit dari suatu sampel menggunakan pelarut yang sesuai. Tujuan ekstraksi *Ulva lactuca* adalah untuk menarik senyawa aktif yang terdapat pada sampel. Metode yang dipilih yaitu sonikasi hal ini dikarenakan penggunaan gelombang ultrasonik dapat mempersingkat waktu ekstraksi hanya dalam hitungan menit dan mengurangi pemakaian pelarut sehingga dinilai lebih efisien. Proses ekstraksi berlangsung lebih cepat disebabkan gelombang ultrasonik yang merambat melalui medium cair akan menimbulkan getaran. Getaran ini akan membentuk gelembung kavitasi yang

memiliki energi yang besar sehingga dapat merusak dinding sel *Ulva lactuca*. Akibatnya, pelarut dapat dengan mudah melarutkan senyawa yang terdapat di dalamnya. Pelarut yang digunakan untuk ekstraksi ini yaitu etanol 96 %. Pemilihan ini dikarenakan etanol 96 % dapat menyari hampir keseluruhan kandungan simplisia baik non polar, semi polar maupun polar. Selain itu, pelarut ini bersifat selektif dan tidak beracun (Lalamentik, dkk., 2017). Kadar etanol di atas 20 % kapang dan kuman sulit tumbuh (Sa'adah dan Nurhasnawati, 2015). Hasil ekstraksi sonikasi akan ditampilkan pada Gambar 4.2 dan dirangkum pada Tabel 4.2.



Gambar 4.2 Kurva hasil rendemen ekstrak *Ulva lactuca*

Tabel 4.2 Hasil rendemen ekstrak *Ulva lactuca*

Waktu Sonikasi (menit)	Warna Filtrat	Warna Ekstrak Kasar	Ekstrak Kasar (g)	Rendemen (%)
20	Hijau tua	Hijau kehitaman	0,4524	4,524
30	Hijau tua	Hijau kehitaman	0,5628	5,628
40	Hijau tua	Hijau kehitaman	0,7397	7,397
50	Hijau tua	Hijau kehitaman	0,8004	8,004
60	Hijau tua	Hijau kehitaman	0,9126	9,126

Proses ekstraksi dilakukan dengan melakukan variasi waktu sonikasi. Hal ini dilakukan karena waktu ekstraksi adalah salah satu faktor yang mempengaruhi

proses ekstraksi. Hasil nilai rendemen yang ditampilkan pada Tabel 4.2 menunjukkan bahwa rendemen meningkat seiring bertambahnya waktu ekstraksi. Berdasarkan data rendemen yang didapat waktu sonikasi 60 menit merupakan waktu ekstraksi yang terbaik. Hal ini karena dapat dilihat menghasilkan rendemen terbesar yakni sebesar 9,126 %. Kenaikan waktu sonikasi akan menghasilkan kenaikan nilai rendemen. Selain itu, lama waktu ekstraksi menyebabkan peningkatan kontak antara sampel dengan pelarut, sehingga komponen bioaktif telah banyak terdifusi.

Hasil penelitian ini lebih besar jika dibandingkan dengan rendemen metode maserasi yang dilakukan Shoviyyah (2019) didapat rendemen ekstrak *Ulva lactuca* pelarut etanol 96 % sebesar 2,25 %. Hal ini menunjukkan bahwa pemilihan metode untuk ekstraksi juga mempengaruhi hasil dari rendemen. Besar kecilnya nilai rendemen menunjukkan keefektivan proses ekstraksi (Mukhriani, 2011). Hal lain dapat kita ketahui berdasarkan hasil ekstraksi di atas, terdapat perbedaan warna filtrat sebelum dan sesudah dipekatkan. Filtrat menunjukkan tertariknya komponen-komponen senyawa aktif dari sampel oleh pelarut. Semakin pekat warna filtrat, semakin banyak senyawa yang tertarik.

4.3. Regenerasi dan Pembuatan Inokulum *Staphylococcus aureus*

Regenerasi bakteri dilakukan untuk mendapatkan bakteri dengan kemampuan tumbuh yang lebih baik, memperbarui nutrisi makanan yang terkandung dalam media sehingga bakteri akan tetap hidup, dan mengaktifkan bakteri yang semula inaktif menjadi aktif membelah kembali. Karena kondisi bakteri yang inaktif menjadi kurang optimal jika digunakan pada pembuatan

inokulum (Ardiansyah, 2019). Media yang digunakan untuk regenerasi bakteri adalah media NA dikarenakan media ini mengandung nutrisi yang dapat mendukung pertumbuhan bakteri. Selain itu, penyimpanan dalam media NA yang berupa padat akan memiliki masa simpan yang lebih lama.

Regenerasi bakteri dilakukan di dalam *laminar air flow* (LAF) secara aseptis didekat api bunsen untuk mematikan mikroorganisme lain yang tidak diinginkan dan menghindari kontaminasi. Kemudian waktu inkubasi yang digunakan untuk regenerasi bakteri adalah 24 jam. Hal ini karena pada waktu tersebut dimungkinkan telah berada pada fase logaritmik atau eksponensial, dimana fase tersebut bakteri aktif melakukan pembelahan dan jumlah sel meningkat, dan dilakukan pada suhu 37 °C dikarenakan suhu tersebut merupakan suhu optimum bakteri *Staphylococcus aureus* tumbuh. Jika lebih tinggi dari 37 °C maka bakteri dapat mengalami kematian, sedangkan jika dibawah suhu 37 °C bakteri tidak dapat tumbuh. Regenerasi bakteri *Staphylococcus aureus* akan ditampilkan pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Regenerasi bakteri *Staphylococcus aureus*

Kultur mikroba yang diinokulasikan ke dalam media pada fase pertumbuhan disebut inokulum. Inokulum dibuat dalam media NB yang berbentuk

cair bertujuan untuk menumbuhkan bakteri yang siap digunakan sebagai *starter* dalam proses uji aktivitas. Ardiansyah (2019) menyatakan media NB memiliki beberapa kelebihan yaitu jenis dan konsentrasi komponen-komponen medium dapat diatur sesuai dengan yang diinginkan, dapat memberikan kondisi optimum untuk pertumbuhan dan pemakaian medium lebih efisien. *Staphylococcus aureus* diinokulasikan pada jam ke-6. Pada fase ini dirasa cocok untuk pengujian antibakteri karena telah masuk fase optimum logaritmik dimana bakteri aktif melakukan pembelahan, tumbuh maksimal, dan jumlah sel meningkat menjadi 2 kali lipat. Hasil inokulum *Staphylococcus aureus* akan ditampilkan pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Inokulum *Staphylococcus aureus*

Selanjutnya dilakukan pengukuran *optical density* (OD) untuk mengetahui tingkat kekeruhan inokulum yang mana menunjukkan jumlah sel bakteri. Kekeruhan inokulum berbanding lurus dengan jumlah sel bakteri, dimana semakin banyak sel bakteri maka inokulum akan semakin keruh. Setelah diketahui nilai OD-nya, inokulum bakteri yang akan dipakai uji aktivitas disetarakan menjadi 0,5.

4.4. Uji Aktivitas Antibakteri

Uji aktivitas antibakteri pada penelitian ini menggunakan metode difusi cakram. Metode ini dipilih karena paling sering digunakan untuk menentukan kepekaan antibakteri terhadap suatu antibiotik. Hasil pengamatan yang diperoleh dari uji antibakteri berupa ada atau tidaknya daerah bening yang terbentuk di sekeliling kertas cakram yang menunjukkan zona hambat pertumbuhan bakteri. Hasil uji aktivitas antibakteri ekstrak etanol dengan variasi waktu sonikasi terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* akan dirangkum pada Tabel 4.3 dan dapat dilihat pada Lampiran 4.3.

Tabel 4.3 Hasil uji aktivitas antibakteri terhadap bakteri *Staphylococcus aureus*

Konsentrasi (%)	Rata-rata zona hambat (mm)				
	Waktu sonikasi 20 menit	Waktu sonikasi 30 menit	Waktu sonikasi 40 menit	Waktu sonikasi 50 menit	Waktu sonikasi 60 menit
0,075	0	0	7,5	4,33	4,23
0,1	0	0	8,9	7,4	5,8
0,125	0	0	12,23	7,95	7,03
0,15	0	0	6,63	3,53	7,67
0,175	8,6	5,83	8,07	4,23	5,6
0,2	10,77	7,03	9,87	6,47	4,25
Ciprofloxacin (+)					
0,075			10,4		
0,2			17,85		
DMSO (-)					
			0		

Secara umum, diameter zona hambat cenderung mengalami peningkatan sebanding dengan meningkatnya konsentrasi ekstrak. Namun, dalam penelitian ini terjadi ketidakstabilan hasil zona hambat pada beberapa konsentrasi. Dapat dilihat pada Tabel 4.3 di atas menunjukkan bahwa pada ekstrak waktu sonikasi 20 dan 30 menit tidak dapat menghambat pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* pada seluruh variasi konsentrasi yang ada. Hal ini diduga karena kandungan senyawa

aktif pada ekstrak *Ulva lactuca* dengan waktu sonikasi 20 dan 30 menit tidak cukup kuat untuk mendenaturasi dinding sel. Dimana bakteri memiliki gen resisten yang fungsinya melindungi terhadap antibiotik. Gen resisten ini dapat melakukan *coding* protein transpor membran untuk mencegah antibiotik memasuki sel bakteri atau melakukan pemompaan untuk mengeluarkan antibiotik sesegera mungkin saat masuk ke dalam sel sehingga kontak dengan targetnya dapat dicegah. Namun, pada konsentrasi 0,175 dan 0,2 % terdapat zona hambat dengan kategori sedang. Hal ini menunjukkan bakteri dapat sensitif terhadap senyawa aktif pada konsentrasi tersebut. Dengan kata lain konsentrasi tersebut merupakan konsentrasi minimum untuk menghambat pertumbuhan bakteri.

Hasil uji aktivitas antibakteri pada ekstrak dengan waktu sonikasi 40 ke 50 menit terjadi penurunan hasil zona hambat, hal ini dikarenakan peningkatan hasil rendemen yang terjadi pada ekstrak 50 menit, diduga yang tertarik merupakan senyawa aktif bersifat antagonis atau berefek menurunkan zona hambat. Sedangkan hasil zona hambat waktu sonikasi 50 dan 60 menit cenderung mengalami hasil yang sama, dikarenakan senyawa aktif yang meningkatkan rendemen bersifat netral. Senyawa aktif bersifat netral ini bisa dimungkinkan tidak memiliki potensi dalam menghambat pertumbuhan bakteri, namun dapat mengencerkan senyawa aktif yang berpotensi sebagai antibakteri. Hal inilah menjadi salah satu penyebab turunnya zona hambat pada waktu sonikasi 50 dan 60 menit.

Selain itu hasil uji aktivitas antibakteri waktu sonikasi 40, 50, dan 60 menit menghasilkan zona hambat yang fluktuatif. Tepatnya pada konsentrasi 0,125 dan 0,15 % pada waktu sonikasi 40 dan 50 menit, begitupun konsentrasi 0,15 dan 0,175 % waktu sonikasi 60 menit. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan

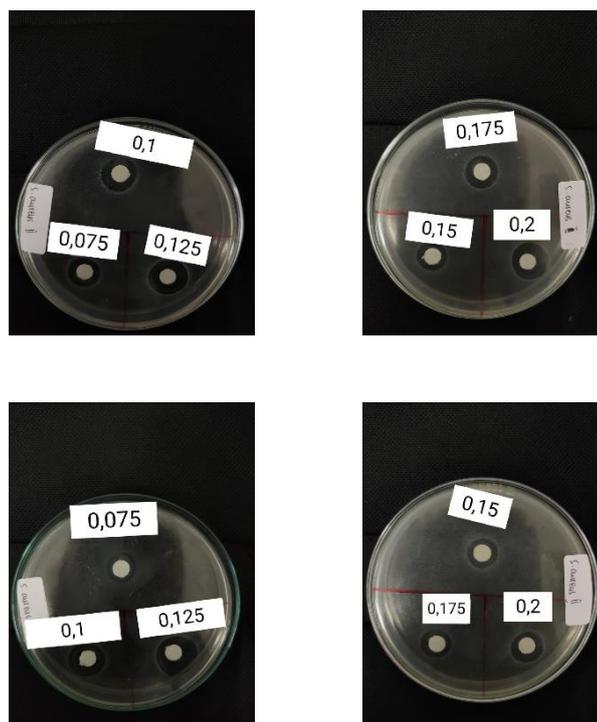
konsentrasi tidak berbanding lurus dengan peningkatan zona hambat bakteri *Staphylococcus aureus*. Penyebab zona hambat yang fluktuatif dapat diduga karena pada konsentrasi 0,125 % ekstrak bekerja secara sinergis atau memberikan efek yang besar sehingga pertumbuhan bakteri dapat terhambat dengan kuat. Sedangkan pada konsentrasi 0,15 % mengalami penurunan zona hambat karena ekstrak bekerja secara antagonis atau berkurang efeknya dalam menghambat pertumbuhan bakteri. Begitupula pada waktu sonikasi 60 menit, dimana pada konsentrasi 0,15 % ekstrak bekerja secara sinergis dan menghasilkan zona hambat yang lebih besar dibandingkan konsentrasi 0,175 %.

Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi diameter zona hambat, yaitu suhu inkubasi. Dimana untuk memperoleh pertumbuhan yang optimal dilakukan pada suhu 37 °C. Suhu inkubasi kurang dari 37 °C dapat menyebabkan diameter zona hambat lebih besar. Hal ini bisa terjadi pada *plate* yang ditumpuk-tumpuk pada saat inkubasi, sehingga menyebabkan difusi ekstrak yang kurang baik. Pada penelitian ini, ketika melakukan inkubasi *plate* ditumpuk menjadi 3. Diduga *plate* yang terletak di tengah dan atas, suhu inkubasi kurang dari 37 °C menyebabkan zona hambat yang terbentuk lebih besar, dibandingkan *plate* yang berada di bawah.

Selain itu, tebalnya media agar juga mempengaruhi hasil zona hambat. Ketebalan media agar yang efektif sekitar 4 mm. Jika kurang dari 4 mm difusi ekstrak akan menjadi lebih cepat, sedangkan jika lebih dari 4 mm difusi ekstrak akan menjadi lambat (Zeniusa, dkk., 2019). Pada penelitian ini, tidak dilakukan pengukuran pada media agar, sehingga tidak dapat diketahui secara pasti ketebalan media pada setiap *plate* yang digunakan untuk uji antibakteri.

Faktor lain dapat dipengaruhi oleh proses difusi ekstrak ke dalam media. Proses difusi ekstrak dipengaruhi oleh faktor pengenceran. Kenaikan konsentrasi ekstrak, menurunkan kelarutan atau ekstrak semakin pekat. Hal ini dapat memperlambat difusi senyawa aktif ekstrak ke dalam media, yang dapat mengurangi kemampuan ekstrak dengan konsentrasi tinggi menghambat pertumbuhan bakteri. Serupa dengan penelitian ini, Zeniusa, dkk. (2019) melakukan uji antibakteri ekstrak etanol teh hijau terhadap *Escherichia coli*, didapatkan hasil zona hambat yang juga fluktuatif. Hal ini dipengaruhi beberapa faktor seperti kekeruhan suspensi bakteri, suhu saat inkubasi, dan ketebalan media.

Berdasarkan hasil uji ekstrak etanol *Ulva lactuca* di atas diduga bahwa yang memiliki aktivitas antibakteri paling efektif adalah ekstrak dengan waktu sonikasi 40 menit. Hal ini dikarenakan zona hambat yang terbentuk memiliki kategori sedang hingga kuat. Diduga senyawa aktif pada ekstrak 40 menit bekerja secara sinergis dalam menghambat pertumbuhan bakteri. Selain itu, hasil ini didukung berdasarkan uji statistika *two way ANOVA* yang menunjukkan bahwa ekstrak dengan waktu sonikasi 40 menit menghasilkan zona hambat terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* paling besar. Efektivitas antibakteri tertinggi berdasarkan hasil uji statistik yaitu pada konsentrasi 0,2 % dengan zona hambat sebesar 9,87 mm, dimana tergolong kategori daya hambat sedang. Zona hambat yang dihasilkan dari ekstrak etanol *Ulva lactuca* dengan waktu sonikasi 40 menit akan ditampilkan pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Zona hambat ekstrak etanol *Ulva lactuca* 40 menit

Berdasarkan hasil pada Gambar 4.5 dihasilkan zona hambat di sekitar kertas cakram menunjukkan adanya aktivitas antibakteri. Terbentuknya zona hambat diduga karena adanya kandungan senyawa bioaktif sebagai antibakteri dari ekstrak etanol *Ulva lactuca* yang mampu menghambat pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus*. Pengukuran zona hambat dilakukan menggunakan jangka sorong. Apabila zona hambat yang terbentuk lingkaran, pengukuran dilakukan dengan menarik garis secara horizontal. Sedangkan jika zona hambat yang dihasilkan tidak berbentuk lingkaran sempurna, maka akan diukur secara vertikal dan horizontal. Dimana diameter kertas cakram yang digunakan sebesar 6 mm. Contoh pengukuran zona hambat akan ditampilkan pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Pengukuran zona hambat (a) berbentuk lingkaran (b) tidak berbentuk lingkaran

Kontrol positif digunakan sebagai acuan pada penentuan keaktifan ekstrak sebagai antibakteri (Jannah, 2020). Dimana kontrol positif yang digunakan adalah ciprofloxacin yang mempunyai aktivitas bakteriostatik pada konsentrasi rendah dan bakterisidal pada konsentrasi tinggi. Hasil pengujian menunjukkan rata-rata zona hambat yang terbentuk pada antibiotik ciprofloxacin sebesar 17,85 yang termasuk dalam kategori kuat. Jika dibandingkan dengan zona hambat ekstrak etanol *Ulva lactuca*, zona hambat antibiotik ciprofloxacin lebih besar. Sedangkan kontrol negatif yang digunakan adalah DMSO 100 %, didapatkan hasil tidak menunjukkan adanya zona hambat yang terbentuk. Sehingga dapat dikatakan bahwa zona hambat yang terbentuk murni dari aktivitas senyawa aktif yang ada pada ekstrak *Ulva lactuca*. Zona hambat yang dihasilkan dari kontrol positif dan negatif akan ditampilkan pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Zona hambat kontrol positif dan negatif

Hasil penelitian ini tidak jauh berbeda dengan penelitian sebelumnya. Liswandari, dkk. (2018) melakukan uji aktivitas antibakteri ekstrak etanol *Ulva* sp. dari Pantai Sorido Biak terhadap *Staphylococcus aureus* menggunakan metode ekstraksi soxhlet didapatkan zona hambat sebesar 9,57 mm. Perbedaan hasil tersebut dengan penelitian ini kemungkinan disebabkan oleh perbedaan jenis metode ekstraksi yang digunakan, serta kondisi geografis ditumbuhkannya *Ulva lactuca* ini, karena kondisi geografis atau kesuburan perairan dapat mempengaruhi aktivitas antibakteri yang dihasilkan.

4.5. Identifikasi Golongan Senyawa Aktif Menggunakan Reagen

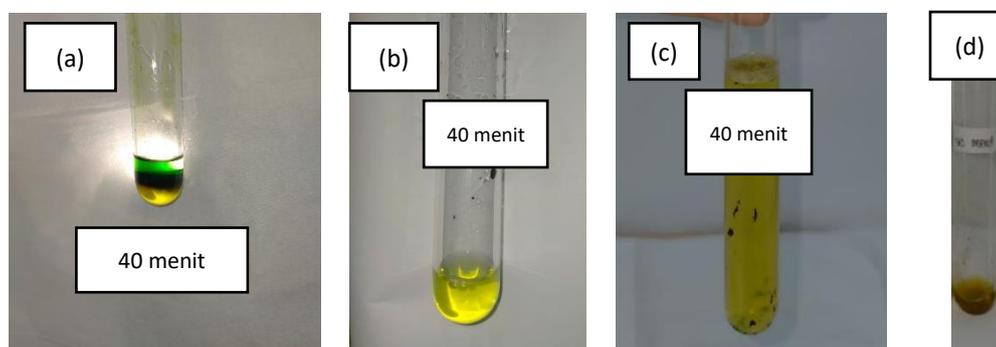
Identifikasi golongan senyawa aktif dilakukan secara kualitatif menggunakan reagen. Pengujian golongan senyawa aktif *Ulva lactuca* dilakukan pada ekstrak yang memiliki aktifitas antibakteri tertinggi. Berdasarkan pengujian aktivitas antibakteri menunjukkan bahwa ekstrak *Ulva lactuca* dengan waktu sonikasi 40 menit, memiliki aktivitas antibakteri tertinggi. Golongan senyawa aktif yang diuji meliputi triterpenoid, steroid, flavonoid, saponin, alkaloid, dan tanin. Hasil identifikasi golongan senyawa aktif menggunakan reagen akan dirangkum pada Tabel 4.4 dan ditampilkan pada Gambar 4.8.

Tabel 4.4 Hasil uji senyawa aktif ekstrak etanol *Ulva lactuca* waktu sonikasi 40 menit

No.	Golongan Senyawa	Hasil
1.	Triterpenoid	+
2.	Steroid	+
3.	Flavonoid	+
4.	Saponin	+
5.	Alkaloid	
	a. Mayer	-
	b. Dragendroff	-
6.	Tanin	+

Keterangan: Tanda (+) = terkandung senyawa

Tanda (-) = tidak terkandung senyawa



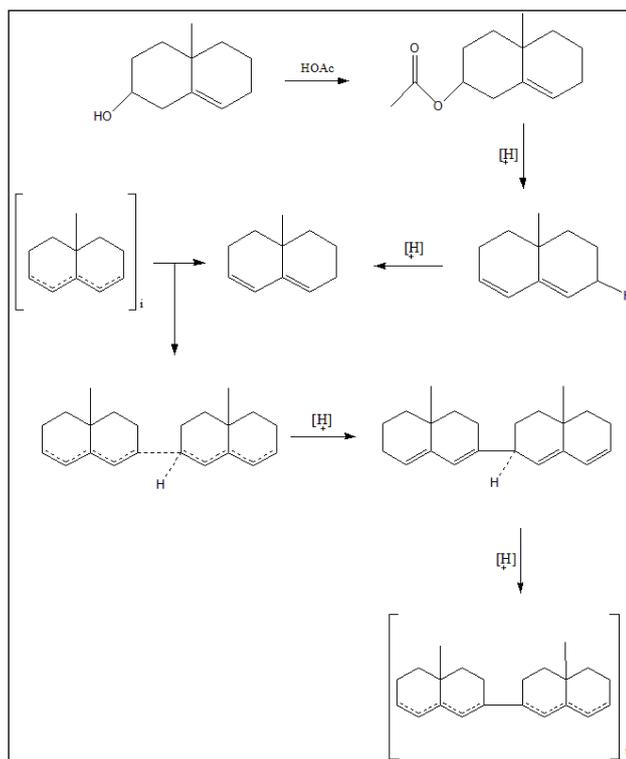
Gambar 4.8 Hasil identifikasi golongan senyawa aktif dengan reagen (a) triterpenoid dan steroid (b) flavonoid (c) saponin (d) tanin

Berdasarkan hasil pada Tabel 4.4 dan Gambar 4.8 menunjukkan bahwa ekstrak etanol *Ulva lactuca* diduga mengandung golongan senyawa triterpenoid, steroid, flavonoid, saponin, dan tanin. Senyawa aktif yang diperoleh dalam penelitian ini akan dipaparkan sebagai berikut.

4.5.1. Triterpenoid

Uji triterpenoid dilakukan dengan penambahan kloroform yang berfungsi sebagai pelarut senyawa triterpenoid karena memiliki sifat kepolaran yang sama yaitu nonpolar. Kemudian ditambahkan pereaksi *Liebermann-Bouchard* (asam

asetat anhidrat dan asam sulfat). Penambahan asam asetat anhidrat ini menyebabkan proses asetilasi gugus hidroksil. Gugus asetil merupakan gugus pergi yang baik sehingga akan lepas atau tereliminasi membentuk ikatan rangkap terkonjugasi. Selanjutnya akan terjadi pelepasan gugus hidrogen dengan elektronnya yang menyebabkan ikatan rangkap mengalami perpindahan. Senyawa akan bertindak sebagai elektrofil atau karbokation sehingga akan mengalami resonansi. Karbokation akan menyerang dan mengakibatkan terjadinya reaksi adisi elektrofilik diikuti dengan pelepasan hidrogen. Pelepasan hidrogen ini mengakibatkan terjadinya penggabungan cincin segi enam tak jenuh sehingga ikatan rangkap terkonjugasi akan diperpanjang dan dihasilkan warna coklat pada triterpenoid yang mengabsorpsi spektrum dengan panjang gelombang tertentu (Siadi, 2012). Pada ekstrak etanol *Ulva lactuca* positif mengandung golongan triterpenoid. Senyawa triterpenoid yang bersifat nonpolar dapat larut dalam etanol yang bersifat polar hal ini diduga karena adanya gaya antarmolekul yaitu gaya dipol-dipol induksi dan ikatan hidrogen. Etanol memiliki dipol permanen yang akan menginduksi molekul nonpolar yang tidak memiliki dipol, sehingga akan terjadi gaya elektrostatik diantara keduanya atau disebut gaya dipol-dipol induksi (Balafif, dkk., 2013). Persamaan reaksi dugaan uji triterpenoid akan ditampilkan pada Gambar 4.9.



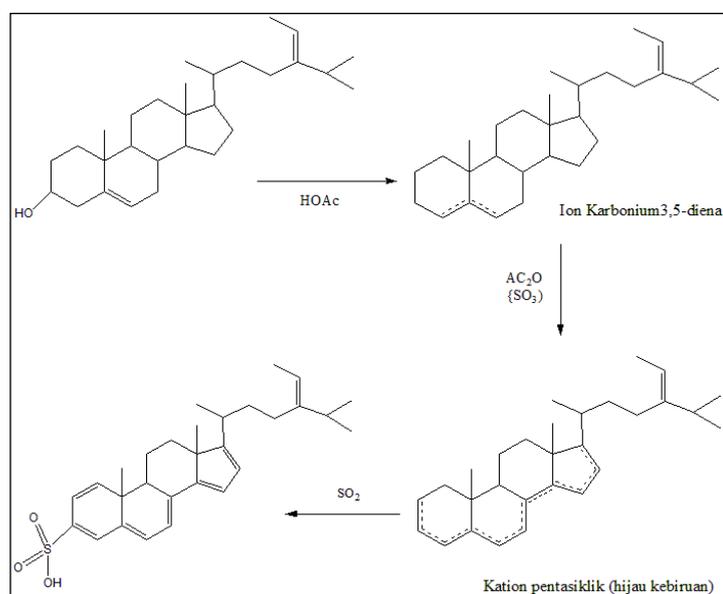
Gambar 4.9 Reaksi dugaan uji triterpenoid

Senyawa triterpenoid menghambat pertumbuhan bakteri dengan cara bereaksi dengan porin (protein trans membran) pada membran luar dinding sel bakteri, membentuk ikatan polimer yang kuat sehingga mengurangi permeabilitas dinding sel bakteri (Wulansari, dkk., 2020).

4.5.2. Steroid

Uji steroid dilakukan pula dengan melakukan penambahan kloroform yang fungsinya melarutkan senyawa steroid yang terkandung dalam dalam sampel, sedangkan asam asetat anhidrat untuk membentuk gugus asetil. Senyawa steroid akan mengalami dehidrasi dengan penambahan asam kuat dan membentuk garam dengan memberikan reaksi warna biru hingga hijau. Perubahan warna ini disebabkan oleh reaksi oksidasi melalui pembentukan ikatan rangkap terkonjugasi

(Jannah, 2020). Persamaan reaksi dugaan uji steroid akan ditampilkan pada Gambar 4.10.

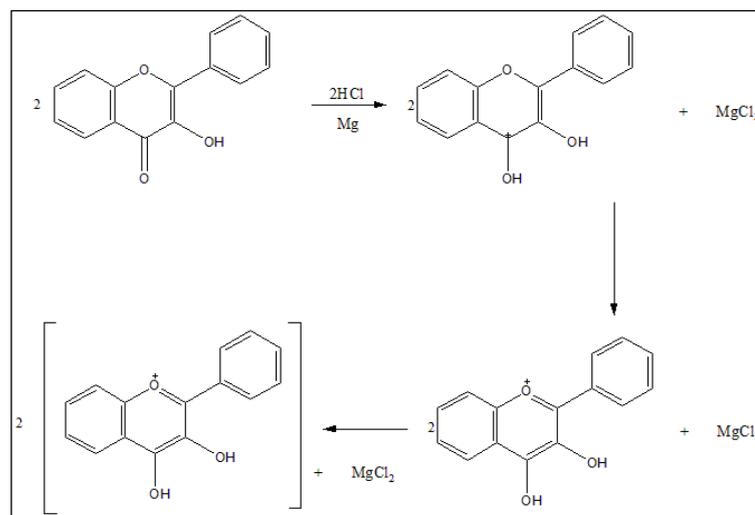


Gambar 4.10 Reaksi dugaan uji steroid

Pada ekstrak etanol *Ulva lactuca* positif mengandung golongan steroid. Senyawa steroid yang bersifat nonpolar dapat larut dalam etanol hal ini diduga karena senyawa ini masih terikat pada ikatan glikosidanya sehingga terekstrak dalam etanol yang bersifat polar. Uji aktivitas antibakteri pada penelitian ini dapat diduga karena adanya golongan senyawa steroid. Senyawa steroid menghambat pertumbuhan bakteri dengan cara merusak membran lipid, sehingga liposom mengalami kebocoran. Selain itu juga diketahui steroid dapat berinteraksi dengan membran fosfolipid yang sifatnya permeabel terhadap senyawa-senyawa lipofilik sehingga integritas membran menurun dan morfologi membran sel terganggu yang mengakibatkan sel mengalami lisis dan rapuh (Sudarmi, dkk., 2017).

4.5.3. Flavonoid

Uji flavonoid dilakukan dengan menambahkan metanol 50 % panas yang gunanya untuk melarutkan sampel, kemudian ditambahkan serbuk Mg yang bertujuan terjadinya ikatan antara gugus karbonil pada flavonoid dengan Mg. Selanjutnya ditambahkan pula HCl pekat dimaksudkan untuk menghidrolisis flavonoid menjadi aglikonnya, yaitu dengan menghidrolisis O-glikosil. Glikosil akan digantikan oleh H⁺ dari asam karena sifatnya elektrofilik. Reduksi dengan Mg dan HCl pekat akan menghasilkan senyawa kompleks yang berwarna merah atau jingga pada flavonol, flavanon, flavanonol, dan xanton (Mariana, dkk., 2013). Persamaan reaksi dugaan uji flavonoid akan ditampilkan pada Gambar 4.11.



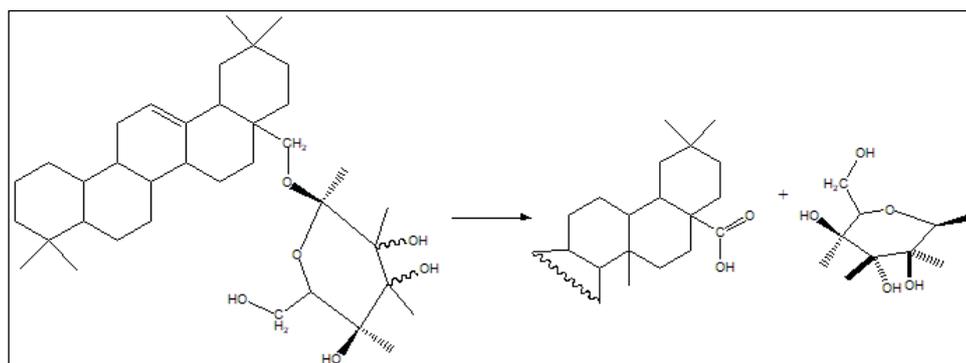
Gambar 4.11 Reaksi dugaan uji flavonoid

Pada ekstrak etanol *Ulva lactuca* positif mengandung golongan flavonoid. Dimana flavonoid merupakan turunan senyawa fenolat. Sehingga senyawa golongan flavonoid cenderung bersifat polar dan akan lebih larut dalam pelarut polar. Kepolaran senyawa ini dikarenakan flavonoid merupakan senyawa polihidroksi (Harborne, 1996). Dimana mekanisme flavonoid dalam menghambat

pertumbuhan bakteri, menurut Nomer, dkk. (2019) terbagi menjadi 3. Pertama, menghambat sintesis asam nukleat dimana basa asam nukleat akan ditumpuk akibatnya DNA dan RNA terhambat pembentukannya. Kedua, menghambat fungsi membran sel dengan cara membentuk senyawa kompleks dari protein ekstraseluler dan terlarut, sehingga membran sel akan rusak dan senyawa intraseluler akan keluar. Dan terakhir, menghambat metabolisme energi dengan menghambat penggunaan oksigen oleh bakteri, yaitu dengan mencegah pembentukan energi pada membran sitoplasma dan menghambat motilitas bakteri yang berperan dalam aktivitas antimikroba dan protein ekstraseluler.

4.5.4. Saponin

Uji saponin dilakukan dengan melakukan penambahan air dan dilakukan pengocokan. Hasil positif saponin ditunjukkan timbulnya busa yang bertahan selama 1 menit. Persamaan reaksi dugaan uji saponin akan ditampilkan pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12 Reaksi dugaan uji saponin

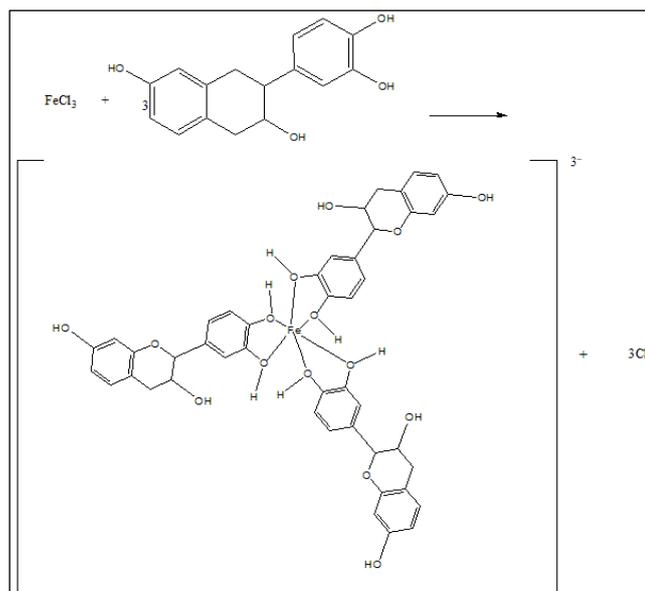
Pada ekstrak etanol *Ulva lactuca* positif mengandung golongan saponin ditandai dengan terbentuknya busa hal ini disebabkan pada senyawa saponin

terdapat gugus hidrofilik yang berikatan dengan air sedangkan gugus hidrofobik mengikat oksigen diudara, dimana gugus polar berada di luar misel dan gugus nonpolar berada di dalam misel. Saponin menghambat pertumbuhan bakteri dengan mendenaturasi protein, dimana tegangan permukaan dinding sel bakteri akan diturunkan dan permeabilitas membran bakteri dirusak. Rusaknya membran sel akan menyebabkan terganggunya kelangsungan hidup bakteri. Selanjutnya saponin akan berdifusi melalui membran sitoplasma sehingga kestabilan membran akan terganggu yang menyebabkan sitoplasma mengalami kebocoran dan keluar dari sel yang akan mengakibatkan kematian sel (Sudarmi, dkk., 2017).

4.5.5. Tanin

Uji tanin dilakukan dengan melakukan penambahan FeCl_3 . Penambahan ini menunjukkan adanya gugus fenol dalam sampel. Tanin merupakan golongan senyawa polifenol. Polifenol mampu mereduksi besi (III) menjadi besi (II). Dugaan adanya gugus fenol ditunjukkan dengan adanya warna hijau kehitaman yang disebabkan terbentuknya senyawa kompleks antara logam Fe dan tanin. Ikatan kovalen koordinasi antara ion atau atom logam dengan atom nonlogam menyebabkan terbentuknya senyawa kompleks. Penambahan FeCl_3 diduga bereaksi dengan salah satu gugus hidroksil yang ada pada senyawa tanin.

Pada ekstrak etanol *Ulva lactuca* positif mengandung golongan tanin. Hal ini ditandai dengan terbentuknya warna hijau kehitaman. Persamaan reaksi dugaan uji tanin akan ditampilkan pada Gambar 4.13.



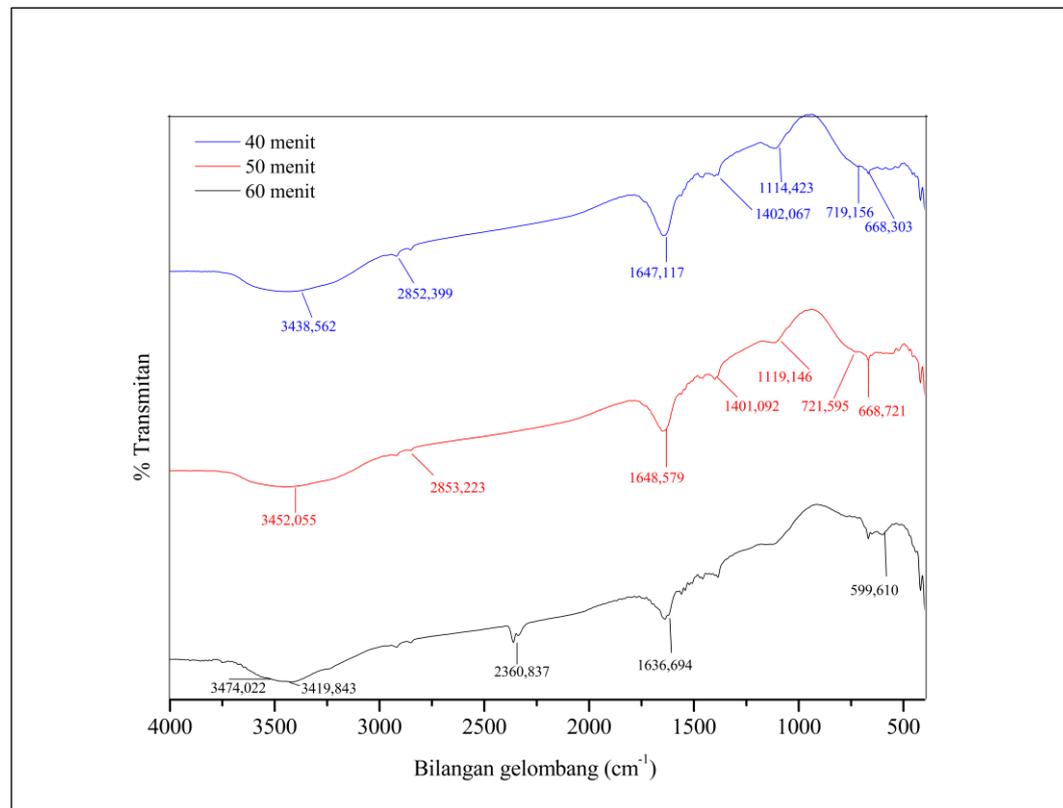
Gambar 4.13 Reaksi dugaan uji tanin

Tanin dapat menghambat dan membunuh pertumbuhan bakteri caranya, bereaksi dengan membran sel, inaktivasi enzim-enzim esensial, fungsi, dan materi genetik. Tanin dapat membentuk kompleks dengan protein dan interaksi hidrofobik, jika terbentuk ikatan hidrogen antara tanin dengan protein enzim yang terdapat pada bakteri, maka dapat dimungkinkan metabolisme bakteri terganggu karena terjadi denaturasi (Roslizawaty, dkk., 2013).

4.6. Identifikasi Senyawa Aktif Menggunakan Spektroskopi FTIR

Ekstrak etanol *Ulva lactuca* diidentifikasi menggunakan spektroskopi FTIR yang bertujuan untuk mengetahui jenis gugus fungsi dalam suatu sampel. Pada tampilan spektrum terbentuk puncak-puncak yang menunjukkan gugus-gugus tertentu dengan grafik perbandingan serapan bilangan gelombang terhadap transmittan (% T). Adanya interaksi antara energi dengan molekul menyebabkan terjadinya transisi akibat adanya vibrasi molekul, akibatnya setiap gugus fungsi

memiliki tipe ikatan yang berbeda dan serapan IR yang khas. Hasil spektra ekstrak etanol *Ulva lactuca* waktu sonikasi 40, 50, dan 60 menit akan ditampilkan pada Gambar 4.14 dan dirangkum pada Tabel 4.5.



Gambar 4.14 Hasil spektra ekstrak etanol *Ulva lactuca* waktu sonikasi 40, 50, dan 60 menit

Tabel 4.5 Interpretasi spektra FTIR ekstrak etanol *Ulva lactuca* waktu sonikasi 40, 50, dan 60 menit

Waktu sonikasi	Bilangan gelombang sampel (cm^{-1})	Range pustaka (cm^{-1})	Jenis Vibrasi
40 menit	3438,562	3550-3200 ^a	O-H <i>stretching</i>
	2852,399	2870-2840 ^a	-CH ₂ <i>stretching sym</i>
	1647,117	1650-1580 ^a	C=C <i>stretching</i>
	1402,067	1470-1340 ^b	C-H pada CH ₃ bending
	1114,423	1124-1000 ^c	C-O <i>stretching</i> (alkohol sekunder)
	719,156	1260-700 ^a	C-C bending (<i>rocking</i>)
	668,303	995-650 ^a	=C-H
50 menit	3452,055	3550-3200 ^a	O-H <i>stretching</i>
	2853,223	2870-2840 ^a	-CH ₂ <i>stretching sym</i>
	1648,579	1650-1580 ^a	C=C <i>stretching</i>
	1401,092	1470-1340 ^b	C-H pada CH ₃ bending
	1119,146	1124-1000 ^c	C-O <i>stretching</i> (alkohol sekunder)
	721,595	1260-700 ^a	C-C bending (<i>rocking</i>)
	668,721	995-650 ^a	=C-H
60 menit	3474,022	3550-3200 ^a	O-H <i>stretching</i>
	3419,843		
	2360,837	2400-2100 ^a	C=O <i>stretching</i>
	1636,694	1650-1580 ^a	C=C <i>stretching</i>
	599,610	600-420 ^a	C-H bending (<i>out of plane</i>)

Keterangan: a = (Socrates, 1994); b = (Skoog, dkk., 1998); c = (Shriner, 1980)

Berdasarkan hasil interpretasi pada Tabel 4.5 menunjukkan bahwa ekstrak etanol *Ulva lactuca* waktu sonikasi 40, 50, dan 60 menit memiliki serapan melebar yang diduga adalah serapan dari gugus O-H *stretching* pada bilangan gelombang berturut-turut 3438,562, 3452,055, 3474,022, dan 3419,843 cm^{-1} . Selanjutnya terdapat serapan yang menunjukkan adanya uluran C=C *stretching* pada bilangan gelombang berturut-turut 1647,117, 1648,579, dan 1636,694 cm^{-1} . Hal ini diperkuat dengan adanya serapan yang menunjukkan adanya =C-H yang muncul pada waktu sonikasi 40 dan 50 menit berturut-turut pada bilangan gelombang 668,303 dan 668,721 cm^{-1} .

Terdapat beberapa serapan lain pada waktu sonikasi 40 dan 50 menit namun tidak terdapat pada waktu sonikasi 60 menit, yaitu adanya C-O *stretching*

dari alkohol sekunder berturut-turut 1114,423 dan 1119,146 cm^{-1} . Kemudian terdapat gugus $-\text{CH}_2$ *stretching symmetry* pada bilangan gelombang berturut-turut 2852,399 dan 2853,223 cm^{-1} . Selanjutnya bilangan gelombang 1402,067 dan 1401,092 cm^{-1} merupakan serapan khas gugus fungsi C-H pada CH_3 *bending* aromatik. Dan juga terdapat serapan C-C *bending (rocking)* berturut-turut pada bilangan gelombang 719,156 dan 721,595 cm^{-1} . Sedangkan terdapat serapan pada waktu sonikasi 60 menit yaitu 2360,837 cm^{-1} yang diduga serapan C=O, yang mengindikasikan adanya CO_2 namun pada waktu sonikasi 40 dan 50 menit tidak terdapat serapan ini.

Berdasarkan uji fitokimia diduga mengandung senyawa triterpenoid, steroid, flavonoid, saponin, dan tanin. Dugaan ini diperkuat oleh literatur, menurut hasil penelitian Fasya, dkk. (2020) yang melakukan isolasi steroid dari *Hydrilla verticillata* dimana serapan khas senyawa steroid yaitu adanya gugus $-\text{OH}$ (3460,150 cm^{-1}), gugus $-\text{CH}_2-$ asiklik (2840 cm^{-1}), gugus C=C non konjugasi (1650 cm^{-1}), dan gugus geminal dimetil (1460 cm^{-1}). Sedangkan penelitian Riwanti dan Izazih (2019) melakukan skrining fitokimia dari *Sargassum polycystum* dimana hasilnya positif terhadap golongan yaitu flavonoid, tanin, triterpenoid, dan saponin. Dimana flavonoid merupakan senyawa yang memiliki kerangka dasar yaitu karbon yang terdiri dari 15 atom karbon. Serapan khas flavonoid dihasilkan pada bilangan gelombang (2920,992 dan 2851,759 cm^{-1}) yang menunjukkan adanya vibrasi C-H *stretching* dan juga terdapat serapan pada (1457,612 cm^{-1}) menunjukkan adanya vibrasi C=C aromatik. Sedangkan serapan khas tanin ditunjukkan dengan adanya gugus C=C aromatik (1457,612 cm^{-1}) dan gugus O-H pada bilangan gelombang (3366,710 dan 3379,385 cm^{-1}). Serapan khas untuk senyawa triterpenoid

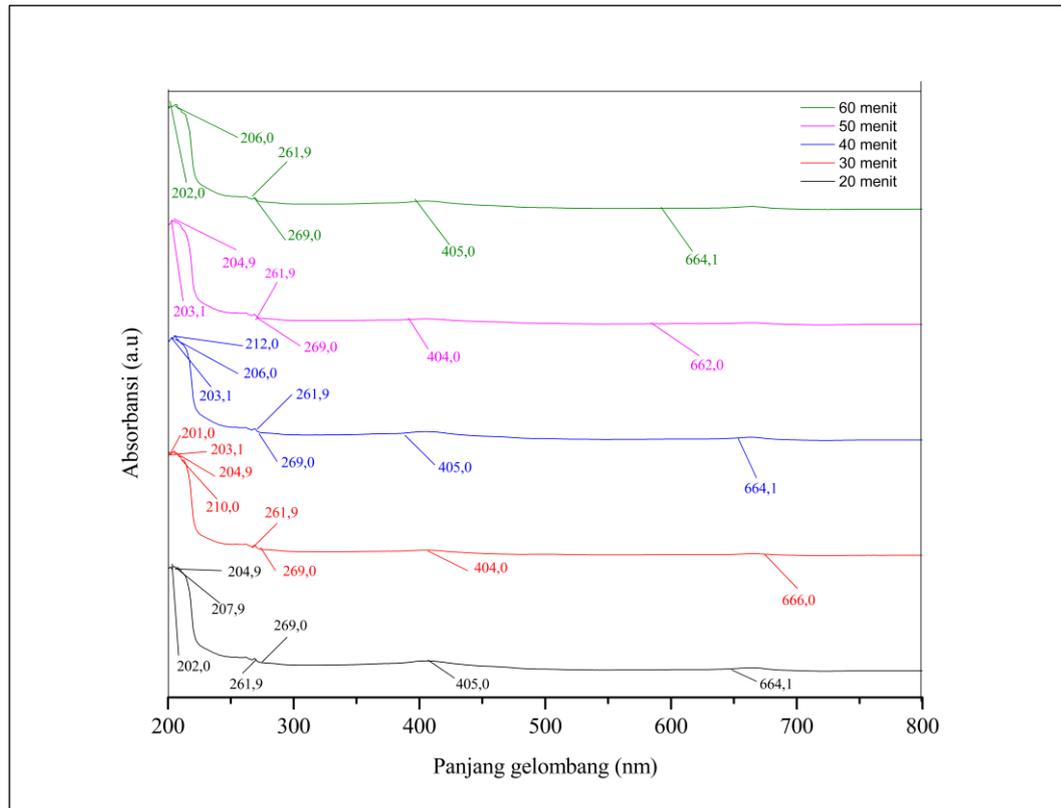
ditunjukkan dengan adanya gugus fungsi C-H alkana pada (2920,992 dan 2851,759 cm^{-1}) dan juga gugus C=C aromatis ditunjukkan pada (1457,612 cm^{-1}). Sedangkan serapan khas saponin ditunjukkan dengan adanya puncak pada bilangan gelombang (3366,710 dan 3379,385 cm^{-1}) yang menunjukkan gugus O-H dan (2920,992 cm^{-1}) merupakan gugus C-H alifatik, dimana kita ketahui bahwa struktur senyawa saponin memiliki gugus glikosil sebagai gugus polar serta gugus steroid atau triterpenoid sebagai gugus nonpolar.

4.7. Identifikasi Senyawa Aktif Menggunakan Spektroskopi UV-Vis

Ekstrak kasar *Ulva lactuca* diidentifikasi menggunakan spektroskopi UV-Vis pada panjang gelombang 200-800 nm. Identifikasi ini dilakukan guna memperkuat dugaan dari uji menggunakan reagen atau fitokimia. Penyerapan sinar tampak berupa radiasi elektromagnetik oleh suatu molekul dalam spektroskopi UV-Vis akan menghasilkan transisi diantara tingkat energi elektronik molekul tersebut (Ardiansyah, 2019). Hasil spektra UV-Vis ekstrak etanol *Ulva lactuca* waktu sonikasi 20 hingga 60 menit akan dirangkum pada Tabel 4.6 dan ditampilkan pada Gambar 4.15.

Tabel 4.6 Hasil analisis kualitatif ekstrak etanol *Ulva lactuca* waktu sonikasi 20-60 menit

Waktu sonikasi	Panjang gelombang (nm)	Absorbansi
20 menit	664,1	0,096
	405,0	0,302
	269,0	0,384
	261,9	0,417
	207,9	3,152
	204,0	3,189
	202,0	3,176
30 menit	666,0	0,049
	404,0	0,157
	269,0	0,312
	261,9	0,342
	210,0	2,963
	204,9	3,132
	203,1	3,092
201,0	3,088	
40 menit	664,1	0,087
	405,0	0,261
	269,0	0,361
	261,9	0,394
	212,0	2,997
	206,0	3,255
	203,1	3,200
50 menit	662,0	0,057
	404,0	0,175
	269,0	0,326
	261,9	0,361
	204,9	3,192
	203,1	3,214
60 menit	664,1	0,083
	405,0	0,256
	269,0	0,362
	261,9	0,398
	206,0	3,251
	202,0	3,218



Gambar 4.15 Hasil spektra UV-Vis ekstrak etanol *Ulva lactuca* waktu sonikasi 20-60 menit

Hasil pengukuran UV-Vis dapat dilihat pada Gambar 4.15 terdapat serapan maksimum dengan panjang gelombang 664,1 nm pada waktu sonikasi 20, 40, dan 60 menit merupakan transisi $\sigma \rightarrow \pi^*$, puncak ini merupakan pigmen klorofil. Terdapat puncak klorofil disebabkan adanya dua resonansi ikatan rangkap terkonjugasi yang membentang di dalam cincin *porphyrin* struktur klorofil. Puncak lain yang serupa namun pada panjang gelombang berbeda yaitu waktu sonikasi 30 dan 50 menit, didapat berturut-turut sebesar 666 dan 662 nm. Resonansi yang lebih panjang akan menghasilkan puncak serapan pada panjang gelombang yang lebih tinggi dan sebaliknya (Jannah, 2020).

Terdapat serapan pada rentang panjang gelombang 201-210 nm yang menunjukkan transisi elektron $\pi \rightarrow \pi^*$ yang disebabkan adanya ikatan C=C tidak

terkonjugasi. Serapan ini diduga dari senyawa steroid dimana sesuai dengan penelitian Fasya, dkk. (2020) dan Aprelia dan Suyatno (2013) didapatkan hasil serapan steroid yang serupa yaitu 203 nm, serta pada penelitian Mawaddah (2019) didapatkan hasil serapan steroid serupa pada 206,0 nm. Hasil ini dapat dikonfirmasi dengan hasil pada uji fitokimia yang diduga positif adanya golongan senyawa steroid.

Serapan lain yang terdeteksi pada waktu sonikasi 20 hingga 60 menit diduga merupakan senyawa flavonoid. Hal ini dikarenakan flavonoid memiliki 2 pita serapan. Serapan pita II menunjukkan gugus utama berupa flavon atau flavonol-3-OH tersubstitusi, berada pada rentang panjang gelombang 230-270 nm (Jannah, 2020). Pita II dihasilkan pada panjang gelombang maksimum 261,9 dan 269,0 nm yang menunjukkan adanya transisi elektron $n \rightarrow \pi^*$ dan $\pi \rightarrow \pi^*$ disebabkan keberadaan gugus kromofor C=O dan C=C dari gugus aromatik yang terkonjugasi. Sedangkan serapan pita I berada pada rentang panjang gelombang 300-560 nm. Pita I dihasilkan pada panjang gelombang 404 dan 405 nm, disebabkan adanya transisi elektron $n \rightarrow \pi^*$ oleh suatu gugus C=O. Hasil serapan ini sesuai dengan penelitian Lestari, dkk. (2014) yang memberikan serapan maksimum panjang gelombang 261,0 nm yang diduga pita II ciri khas golongan senyawa flavonoid. Hasil ini terkonfirmasi pula pada uji fitokimia yang diduga positif mengandung flavonoid.

Terdapat serapan yang terdeteksi pada panjang gelombang maksimum 212 nm hanya pada waktu sonikasi 40 menit, namun tidak terdapat pada ekstrak waktu sonikasi lain yang menunjukkan adanya transisi elektronik dari $n \rightarrow \pi^*$ dari kromofor C=O. Serapan ini diduga senyawa golongan saponin. Hasil serapan ini

sesuai dengan penelitian Rachman, dkk. (2008) yang mendapatkan serapan maksimum pada panjang gelombang 211 nm. Hasil ini dapat dikonfirmasi dengan hasil pada uji fitokimia yang diduga positif adanya golongan senyawa saponin.

4.8. Analisis Data

Data yang diperoleh dilakukan analisa menggunakan analisis *two way* ANOVA atau analisis ragam dua arah, dengan taraf kepercayaan 5 %. Hal ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi waktu sonikasi dan konsentrasi atau menguji perbedaan rata-rata perlakuan terhadap variabel terikat. Analisa ini terdiri dari dua atau lebih variabel bebas yaitu, waktu sonikasi dan konsentrasi, dan satu variabel terikat yaitu, zona hambat bakteri.

Didapatkan hasil analisa *two way* ANOVA pengaruh variasi waktu sonikasi dan konsentrasi pada ekstrak etanol *Ulva lactuca* terhadap zona hambat bakteri *Staphylococcus aureus* menunjukkan hasil perbedaan yang signifikan. Berdasarkan uji F variasi waktu sonikasi diperoleh nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$ ($23,291 > 3,03$) dengan uji probabilitas dimana nilai sig (0,000) lebih kecil dari nilai alpha (0,05), sedangkan hasil uji F variasi konsentrasi diperoleh nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$ ($10,866 > 3,02$) dengan uji probabilitas dimana nilai sig (0,000) lebih kecil dari nilai alpha (0,05). Berdasarkan nilai-nilai yang didapatkan, maka keputusan diambil menggunakan statistik uji untuk perlakuan variasi waktu sonikasi dan konsentrasi terhadap zona hambat bakteri *Staphylococcus aureus* diperoleh $F_{hitung} > F_{tabel}$ dan angka signifikan $< p\text{-value}$ (alpha). Dapat disimpulkan bahwa terdapat minimal satu pengaruh variasi waktu sonikasi dan konsentrasi ekstrak etanol *Ulva lactuca* pada

uji antibakteri *Staphylococcus aureus*. Dengan kata lain, hipotesis H_0 ditolak dan H_1 diterima.

Selanjutnya dilakukan pengukuran standar deviasi yang bertujuan untuk membandingkan penyebaran atau penyimpangan dua kelompok data atau lebih. Apabila standar deviasi kecil, hal ini menunjukkan nilai sampel/populasi mengelompok disekitar nilai rata-rata hitungnya. Yang berarti setiap data pada sampel/populasi mempunyai kesamaan. Hasil standar deviasi zona hambat terhadap variasi waktu sonikasi dan konsentrasi ditampilkan pada Lampiran 4.4. Berdasarkan hasil standar deviasi terlihat bahwa yang memiliki standar deviasi terkecil adalah waktu sonikasi 40 menit yakni sebesar 1,99823. Yang artinya data zona hambat waktu sonikasi 40 menit memiliki data sampel yang mengelompok disekitar rata-rata pada masing-masing variasi konsentrasi. Sedangkan yang memiliki standar deviasi terbesar adalah waktu sonikasi 20 menit yakni sebesar 4,76295. Artinya data zona hambat waktu sonikasi 20 menit memiliki data sampel yang menyebar atau tidak berada disekitar rata-rata pada masing-masing variasi konsentrasi.

Perbedaan rata-rata yang dihasilkan melalui uji ANOVA belum diketahui secara pasti dimanakah letak perbedaan rata-rata tersebut. Maka diperlukan uji lanjut beda nyata jujur (BNJ) untuk mengetahuinya. Hasil uji BNJ variasi waktu sonikasi terhadap zona hambat bakteri *Staphylococcus aureus* akan dirangkum pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Hasil Uji BNJ Variasi Waktu Sonikasi terhadap Zona Hambat *Staphylococcus aureus*

Variasi waktu sonikasi (menit)	Notasi
20	a
30	a
40	c
50	b
60	b

Berdasarkan hasil pada Tabel 4.7 di atas, notasi huruf yang sama merupakan tidak ada beda nyata antara rata-rata zona hambat bakteri terhadap perlakuan variasi waktu sonikasi, sedangkan notasi huruf yang berbeda menunjukkan terdapat beda nyata antara rata-rata zona hambat terhadap perlakuan variasi waktu sonikasi. Dapat disimpulkan rata-rata zona hambat *Staphylococcus aureus* terhadap perlakuan variasi waktu sonikasi 20 dan 30 menit tidak memberikan perbedaan nyata terhadap rata-rata zona hambat bakteri, namun keduanya berbeda nyata dengan variasi waktu sonikasi 40, 50, dan 60 menit. Begitupula pada variasi waktu sonikasi 50 dan 60 menit yang tidak memberikan perbedaan nyata terhadap rata-rata zona hambat bakteri, namun keduanya berbeda nyata dengan variasi waktu sonikasi 40, 20, dan 30 menit. Sedangkan variasi waktu sonikasi 40 menit memberikan perbedaan nyata secara signifikan terhadap rata-rata zona hambat bakteri dan variasi waktu sonikasi yang lain.

Hasil uji BNJ dapat dilihat pada Lampiran 4.4 untuk variasi waktu sonikasi menyatakan bahwa waktu sonikasi 30 menit menghasilkan zona hambat paling rendah yaitu 2,144 mm dan berbeda nyata dengan waktu sonikasi 40, 50, dan 60 menit, namun tidak berbeda nyata dengan waktu sonikasi 20 menit. Sementara waktu sonikasi 40 menit menghasilkan zona hambat paling tinggi yaitu sebesar 8,867 mm dan berbeda nyata signifikan dengan variasi waktu sonikasi yang lain.

Adapun hasil uji BNJ variasi konsentrasi terhadap zona hambat bakteri *Staphylococcus aureus* akan dirangkum pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Hasil Uji BNJ Variasi Konsentrasi terhadap Zona Hambat *Staphylococcus aureus*

Variasi konsentrasi (%)	Notasi
0,075	a
0,1	a, b
0,125	a, b
0,15	a
0,175	b, c
0,2	c

Hasil uji BNJ pada Tabel 4.8 di atas menunjukkan terdapat notasi yang sama dan berbeda. Notasi yang sama menunjukkan tidak ada beda nyata, hal ini pada variasi konsentrasi 0,075 dan 0,15 % tidak memberikan perbedaan nyata terhadap rata-rata zona hambat bakteri, namun berbeda nyata dengan variasi konsentrasi 0,1, 0,125, 0,175, dan 0,2 %. Begitupula pada variasi konsentrasi 0,1 dan 0,125 % tidak menghasilkan perbedaan nyata terhadap rata-rata zona hambat bakteri, namun berbeda nyata dengan variasi konsentrasi 0,175 dan 0,2 %. Variasi konsentrasi 0,175 % tidak memiliki perbedaan nyata terhadap rata-rata zona hambat bakteri, namun berbeda nyata dengan variasi konsentrasi 0,075 dan 0,15 %. Namun, variasi konsentrasi 0,2 % memberikan beda nyata yang signifikan terhadap rata-rata zona hambat bakteri, namun tidak beda nyata dengan variasi konsentrasi 0,175 %. Sehingga dapat disimpulkan zona hambat paling rendah dihasilkan pada konsentrasi ekstrak 0,075 % yaitu sebesar 3,213 mm dan berbeda nyata dengan variasi konsentrasi 0,175 dan 0,2 %, namun tidak berbeda nyata dengan variasi konsentrasi 0,1, 0,125, dan 0,15 %. Sementara zona hambat paling besar dihasilkan pada konsentrasi ekstrak 0,2 % sebesar 8,527 mm dan berbeda nyata dengan variasi

konsentrasi 0,075, 0,1, 0,125, dan 0,15 %, namun tidak berbeda nyata dengan konsentrasi 0,175 %.

4.9. *Ulva lactuca* dan Pemanfaatannya dalam Perspektif Islam

Segala sesuatu yang ada di muka bumi diciptakan oleh Allah Swt. memiliki makna dan manfaatnya masing-masing. Demikian pula manusia diciptakan oleh Allah Swt. dengan memiliki banyak kelebihan dibandingkan makhluk hidup yang lain. Akal adalah salah satu kelebihan yang Allah Swt. berikan kepada manusia yang mana harus digunakan untuk berpikir dan mengungkap segala sesuatu yang ada di bumi. Allah Swt. berfirman dalam QS. Ali-Imran ayat 190-191 berbunyi:

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضِ وَاخْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ لَآيَاتٍ لِأُولِي الْأَبْصَارِ
 (۱۹۰) الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَامًا وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمَاوَاتِ
 وَالْأَرْضِ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَذَا بَاطِلًا سُبْحَانَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ (۱۹۱)

Artinya:

“Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, dan silih bergantinya malam dan siang terdapat tanda-tanda bagi orang-orang yang berakal, (yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri atau duduk atau dalam keadaan berbaring dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata): “Ya Tuhan kami, tiadalah Engkau menciptakan ini dengan sia-sia, Maha Suci Engkau, maka peliharalah kami dari siksa neraka.” (QS. Ali-Imran: 190-191)

Menurut tafsir Al Azhar ayat di atas menunjukkan bahwa Allah Swt. mengarahkan hamba-Nya untuk merenungkan alam, langit, dan bumi. Dia mengarahkan agar hamba-Nya mempergunakan pikirannya dan memperhatikan pergantian siang dan malam. Semuanya itu penuh dengan tanda-tanda kebesaran Allah Swt. Orang yang mampu memahami bahwa penciptaan langit dan bumi serta

pergantian siang dan malam merupakan tanda-tanda kekuasaan Allah Swt. mereka itulah *ulul albab*. Menurut Sayyid Qutb (2000) mereka adalah orang-orang yang memiliki pemikiran dan pemahaman yang benar. Sedangkan menurut Quraish Shihab (2004) *ulul albab* adalah orang yang mau menggunakan pikirannya, mengambil faedah dari ciptaan-Nya, dan mengingat Allah Swt. dalam setiap keadaan.

Hal yang dapat dipikirkan dalam dunia sains adalah melakukan penelitian mengenai apa yang ada di alam. Semua yang ada di alam diciptakan Allah Swt. tidak ada yang sia-sia dan semuanya memiliki manfaat. Kekayaan yang ada di alam yang dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan dan kesejahteraan manusia disebut sebagai sumber daya alam. Seiring perkembangan zaman sumber daya alam akan terus berkembang dan dibutuhkan oleh manusia. Alam terdiri dari lingkungan biotik dan abiotik memiliki manfaat yang beranekaragam sesuai dengan bagiannya. Allah Swt. berfirman dalam QS. Al-Hijr ayat 20 berbunyi:

وَجَعَلْنَا لَكُمْ فِيهَا مَعِيشَٰ وَمَنْ لَّسْتُمْ لَهُ بِرٰزِقِيْنَ

Artinya:

“Dan Kami telah menjadikan untukmu di bumi keperluan-keperluan hidup, dan (Kami menciptakan pula) makhluk-makhluk yang kamu sekali-kali bukan pemberi rezeki kepadanya.” (QS. Al-Hijr: 20)

Menurut tafsir Kementerian Agama RI (2006) firman Allah Swt. di atas menjelaskan bahwa manusia telah diberikan anugerah yang tak terhingga dengan menciptakan bermacam-macam keperluan hidup manusia. Dia telah menciptakan tanah yang subur yang dapat ditanami dengan tanam-tanaman yang berguna dan merupakan kebutuhan pokok baginya. Dia menciptakan air yang dapat diminum

dan menghidupkan tanam-tanaman. Dia ciptakan laut yang di dalamnya hidup bermacam-macam jenis ikan yang dapat dimakan serta mutiara dan barang tambang yang diperlukan oleh manusia menjadi sumber mata pencaharian. Allah Swt. menjadikan pula di bumi anak dan cucu sebagai penghibur dan penerus kehidupan manusia. Dialah yang menciptakan segala macam sumber kesenangan bagi manusia itu.

Islam mengajarkan manusia untuk memanfaatkan sumber daya alam yang ada di bumi ini. Salah satu biota laut yang banyak dikaji karena memiliki beragam senyawa aktif adalah makroalga. *Ulva lactuca* merupakan salah satu makroalga yang memiliki manfaat. Senyawa aktif yang terkandung dalam *Ulva lactuca* terbukti memiliki kemampuan sebagai antibakteri. Berdasarkan hasil penelitian, diketahui bahwa ekstrak etanol *Ulva lactuca* mengandung senyawa golongan steroid, triterpenoid, saponin, dan tanin yang diduga mampu menghambat pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus*. Hasil penelitian ini merupakan salah satu bentuk kemajuan ilmu pengetahuan di bidang kesehatan dengan memanfaatkan sumber daya alam. Sumber daya alam yang melimpah di Indonesia diharapkan dapat membuka mata manusia untuk selalu memperhatikan, memikirkan, dan merenungkan segala ciptaan dan bukti kekuasaan Allah Swt. dan menunjukkan kebenaran ayat-ayat al-Quran dengan melihat kesempurnaan ciptaan-Nya yang memiliki berbagai manfaat, sehingga menambah iman di dalam hati bagi orang-orang yang mau berpikir, dan meyakini bahwa Allah Swt. adalah maha sempurna.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

- a. Hasil ekstraksi sonikasi terbaik yaitu variasi waktu sonikasi 60 menit dihasilkan rendemen sebesar 9,126 %.
- b. Ekstrak kasar *Ulva lactuca* yang paling efektif menghambat pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* yaitu dengan variasi waktu sonikasi 40 menit dan variasi konsentrasi 0,2 % menghasilkan zona hambat sebesar 9,87 mm termasuk dalam kategori sedang.
- c. Hasil uji fitokimia waktu sonikasi 40 menit menunjukkan ekstrak etanol *Ulva lactuca* mengandung triterpenoid, steroid, flavonoid, saponin dan tanin. Identifikasi menggunakan spektroskopi UV-Vis waktu sonikasi 20-60 menit didapatkan panjang gelombang berturut-turut sebesar 201-210 nm menunjukkan adanya senyawa steroid, panjang gelombang 261,9, 269, dan 404-405 nm menunjukkan adanya senyawa flavonoid, panjang gelombang 212 nm menunjukkan adanya senyawa saponin. Sedangkan identifikasi menggunakan spektroskopi FTIR waktu sonikasi 40-60 menunjukkan adanya gugus fungsi O-H, C-H, C=O, C=C, C-O dan C-C.

5.2 Saran

Perlu dilakukan pemurnian dari ekstrak kasar menggunakan kromatografi lapis tipis atau kolom dan bantuan instrumen GC-MS agar dapat mengetahui dengan pasti struktur senyawa aktif dalam *Ulva lactuca* yang bersifat sebagai antibakteri.

DAFTAR PUSTAKA

- Alagan, Vijayalingam Thavasi., Valsala, Rajesh Nakulan., dan Rajesh, Kalpana. 2017. Bioactive Chemical Constituent Analysis, in vitro Antioxidant and Antimicrobial Activity of Whole Plant Methanol Extracts of *Ulva lactuca* Linn. *British Journal of Pharmaceutical Research*, 15(1), 1–14.
- Anjali, K. P., Sangeetha, B. M., Devi, Geetha., Raghunathan, R., dan Dutta, Susmita. 2019. Bioprospecting of seaweeds (*Ulva lactuca* and *Stoechospermum marginatum*): The compound characterization and functional applications in medicine-a comparative study. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 111622
- Aprelia, Fitria. 2013. Secondary Metabolism Compound From Ethyl Acetate Extract Of The *Christella Arida* Fern And Preliminary Test As Anticancer. *UNESA Journal of Chemistry*, 2(3).
- Arbi, Basyrowi., Ma'ruf, Widodo Farid., dan Romadhon. 2016. Aktivitas Senyawa Bioaktif Selada Laut (*Ulva lactuca*) Sebagai Antioksidan Pada Minyak Ikan. *Indonesian Journal of Fisheries Science and Technology*, 12(1), 12–18.
- Ardiansyah, Irfan. 2019. Isolasi dan Identifikasi Senyawa Metabolit Sekunder Ekstrak Cacing Laor (*Lysidice oele*) Sebagai Antibakteri Terhadap *Salmonella typhii*. *Skripsi*. UIN Malang.
- Arif, Rachman., Wardatun, Sri., dan Weandarlina, Ike Yulia. 2008. Isolasi dan Identifikasi Senyawa Saponin Ekstrak Metanol Daun Binahong (*Anredera cordifolia* (Ten.) Steenis). *Jurnal Farmasi*, 3–8.
- Arini, Kania Rizki Dwi. 2015. Pembuatan Biodiesel dari Mikroalga *Chlorella* sp. Melalui Proses Esterifikasi dan Transesferikasi. *Skripsi*. Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Atmadja, Wanda Surjana., Kadi, Achmad., Sulistijo, dan Satari, R. 1996. *Pengenalan jenis-jenis rumput laut Indonesia*. Jakarta: Puslitbang Oseanologi-LIPI.
- Babbar, Neha. 2015. An introduction alkaloids and their applications in pharmaceutical chemistry. *The Pharma Innovation Journal*, 4(10), 74–75.
- Balafif, Ragaya Abd. R., Andayani, Yayuk., dan Gunawan, Erin Ryantin. 2013. Analisa Senyawa Triterpenoid dari Hasil Fraksinasi Ekstrak Air Buah Buncis (*Phaseolus vulgaris* Linn). *Chemistry Progress*. 6(2), 56–61.
- Baraja, Muna. 2008. Uji Toksisitas Daun *Ficus elastica* Nois ex Blume terhadap *Artemia salina* Leach dan Profil Kromatografi Lapis Tipis. *Skripsi*. Universitas Muhammadiyah Surakarta.

- Boleng, Didimus Tanah. 2015. *Bakteriologi Konsep-Konsep Dasar*. Malang: Universitas Muhammadiyah Malang.
- Campbell, Neil A. 2003. *Biology*. Jakarta: Erlangga.
- Chemat, Farid., Zill-E-Huma, dan Khan, Muhammed Kamran. 2011. Applications of ultrasound in food technology: Processing, preservation and extraction. *Ultrasonics Sonochemistry*, 18(4), 813–835.
- Costa, Junet Franzisca da., Merdekawati, Windu., dan Otu, Ferly Rambu. 2018. Analisis Proksimat, Aktivitas Antioksidan, dan Komposisi Pigmen *Ulva lactuca* L. dari Perairan Perairan Pantai Kukup. *Jurnal Teknologi Pangan Dan Gizi*, 17(1), 1–17.
- Dachriyanus. 2004. *Analisis Struktur Senyawa Organik Secara Spektroskopi*. Padang: Lembaga Pengembangan Teknologi Informasi dan Komunikasi (LPTIK) Universitas Andalas.
- Dahuri, R. 2003. *Keanekaragaman hayati laut : aset pembangunan berkelanjutan Indonesia*. Gramedia Pustaka Utama.
- Day, R. dan Underwood, A. 1989. *Analisis kimia kuantitatif*. Jakarta: Erlangga.
- Dewi, Eko Nurcahya. 2018. *Ulva Lactuca*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Elshouny, Wagih A., Gaafar, Reda M., Ismail, Gehan A., dan Elzanaty, Marwa M. 2017. Seasonal Variation of the Antibacterial Activity of some Seaweeds against Multi Drug Resistant Pathogenic bacterial Strains. *The Egyptian Journal Of Experimental Biology (Botany)*, 1.
- Fasya, A. Ghanaim., Purwantoro, Bagas., Ulya, Lulu'atul Hamidatu., dan Ahmad, M. 2020. Aktivitas Antioksidan Isolat Steroid Hasil Kromatografi Lapis Tipis dari Fraksi n-Heksana *Hydrilla verticillata*. *Alchemy*, 8(1), 23–34.
- Fessenden, Ralph J., dan Fessenden, Joan S. 1982. *Kimia Organik Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Guiry, Masakiella. 2007. *Algaebase*. Irlandia: National University of Ireland Galway.
- Handayani, Rezqi., dan Rusmita, Heni. 2017. Uji Daya Hambat Ekstrak Etanol Akar Kelakai (*Stenochlaena palustris* (Burm. f.) Bedd.) Terhadap Bakteri *Escherichia coli*. *Surya Medika*, 2(2), 13–26.
- Harborne, Jeffrey B. 1996. *Metode fitokimia : penuntun cara modern menganalisis tumbuhan*. Bandung: Penerbit ITB.
- Humaida, Rifka. 2014. Strategy to Handle Resistance of Antibiotics. *J MAJORITY*,

3(7), 113–120.

- Illing, Ilmiati., Safitri, Wulan., dan Erfiana, Erfiana. 2017. Uji Fitokimia Ekstrak Buah Dengan. *Jurnal Dinamika*, 8(1), 66–84.
- Indriani, Nia. 2007. Aktivitas Antibakteri Daun Senggugu (*Clerodendron serratum* L. Spr). *Skripsi*. Institut Pertanian Bogor.
- Irawan, Anom. 2019. Kalibrasi Spektrofotometer Sebagai Penjaminan Mutu Hasil Pengukuran dalam Kegiatan Penelitian dan Pengujian. *Indonesian Journal of Laboratory*, 1(2), 1.
- Jaja, Ishmael Festus., Jaja, Chinwe-Juliana Iwu., Chigor, Nnamdi Vincent., Anyanwu, Madubuike Umunna., Maduabuchi, Ezealisiji Kenneth., Oguttu, James Wabwire., dan Green, Ezekiel. 2020. Antimicrobial Resistance Phenotype of *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* Isolates Obtained from Meat in the Formal and Informal Sectors in South Africa . *BioMed Research International*, 2020, 1–11.
- Jamaluddin, Suryanto, Dwi., dan Lesmana, Indra. 2017. Jenis-Jenis Bakteri Gram Positif Potensial Patogen pada Ikan Bandeng (*Chanos chanos*) di Tambak Desa Tanjung Rejo Paluh Putri Percut Sei Tuan. *Jurnal Universitas Sumatera Utara*, 1–10.
- Jannah, Miftahul. 2020. Uji Aktivitas Antibakteri Fraksi Etil Asetat dan Petroleum Eter Hasil Hidrolisis Ekstrak Metanol *Hydrilla verticillata* Terhadap Bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. *Skripsi*. UIN Malang.
- Jawetz, Ernest., Melnick, Joseph Louis., dan Adelberg, Edward A. 2001. *Mikrobiologi Kedokteran*. Jakarta: Medika Salemba.
- Karimela, Ely Jhon., Ijong, Frans G., dan Dien, Henny Adeleida. 2017. Karakteristik *Staphylococcus aureus* yang Di Isolasi Dari Ikan Asap Pinekuhe Hasil Olahan Tradisional Kabupaten Sangihe. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 20(1), 188.
- Khopkar. 2008. *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Jakarta: UI Press.
- Kristanti, Alfinda Novi. 2008. *Buku Ajar Fitokimia*. Surabaya: Airlangga Universitas Press.
- Kumar, Yogesh., Singhal, Somya., Tarafdar, Ayon., Pharande, Aparna., Ganesan, M., dan Badgajar, Prarabdh C. 2020. Ultrasound assisted extraction of selected edible macroalgae: Effect on antioxidant activity and quantitative assessment of polyphenols by liquid chromatography with tandem mass spectrometry (LC-MS/MS). *Algal Research*, 52, 102114.
- Kurniawan, Raudhi., Nurjanah, Jacob, Agoes M., Abdullah, Asadatun., dan

- Pertiwi, Rizsa Mustika. 2019. Karakteristik Garam Fungsional Dari Rumput Laut Hijau *Ulva lactuca*. *JPHPI*, 22(3), 573–580.
- Lalamentik, Gabriel Juliani., Wewenggang, Defny Silvia., dan Rotinsulu, Henki. 2017. Aktivitas Antibakteri Ekstrak Karang Lunak *Xenia* Sp. Yang Diperoleh Dari Teluk Manado. *PHARMACON-Jurnal Ilmiah Farmasi*, 6(3).
- Lenny, Sofia. 2006. Senyawa Flavonoida, Fenilpropanoida dan Alkaloida. *USU Repository*, 1–25.
- Lestari, Pratiwi Puji., Kusrini, Dewi., dan Anam, Khairul. 2014. Anthocyanin Identification of Methanol-HCl Extract Active Fraction in Rosella (*Hibiscus Sabdariffa*. L) and Its Potential As Xanthine Oxidase Inhibitor. *Jurnal Sains Dan Matematika*, 22(3), 72–78.
- Liswandari, Melisa Selly., Lantang, Daniel., dan Dirgantara, Septriyanto. 2018. Uji Aktivitas Antibakteri Alga Hijau (*Ulva* sp.) Dari Pantai Sorido Biak Terhadap Bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. *Jurnal Farmasi Medica/Pharmacy Medical Journal (PMJ)*, 1(1), 9–15.
- Mariana, Lilik., Andayani, Yayuk., dan Gunawan, Erin Ryantin. 2013. Analisis Senyawa Flavonoid Hasil Fraksinasi Ekstrak Diklorometana Daun Keluwih. *Analisis Senyawa Flavonoid Hasil Fraksinasi Ekstrak Diklorometana Daun Keluwih*, 6(2), 50–55.
- Martiningsih, Ni Wayan. 2013. Skrining Awal Ekstrak Etil Asetat *Spons Leucetta* sp. Sebagai Antikanker dengan Metode Brine Shrimp Lethality Test (BSLT). *Seminar Nasional FMIPA UNDIKSHA III*, 382–386.
- Mason, Timothy J. 1990. *Chemistry with ultrasound*. London: the Society of Chemical Industry.
- Maulana, Alfian., dan Mursiti, Sri. 2017. Bioremediasi Logam Pb pada Limbah Tekstil dengan *Staphylococcus aureus* dan *Bacillus subtilis*. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 6(3), 256–261.
- Mawaddah. 2019. Uji Toksisitas Isolat Steroid Hasil Kromatografi Kolom Fraksi n-Heksana *Hydrilla verticillata*. *Skripsi*. UIN Malang.
- Mukhriani. 2011. Ekstraksi, Pemisahan Senyawa, dan Identifikasi Senyawa Aktif. *Jurnal of Pharmacy*, VII(2), 361.
- Nomer, Ni Made Gress., Duniaji, Agus Selamat., dan Nocianitri, Komang Ayu. 2019. Kandunga Senyawa Flavonoid dan Antosianin Ekstrak Kayu Secang (*Caesalpinia sappan* L.) Serta Aktivitas Antibakteri Terhadap *Vibrio cholerae*. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Pangan (ITEPA)*, 8(2), 216.
- Nufus, Chairun., Nurjanah, dan Abdullah, Asadatun. 2017. Karakteristik Rumput

- Laut Hijau dari Perairan Kepulauan Seribu dan Sekotong Nusa Tenggara Barat Sebagai Antioksidan. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 20(3), 620–632.
- Nurhayati, Lilih Siti., Yahdiyani, Nadhira., dan Hidayatulloh, Akhmad. 2020. Perbandingan Pengujian Aktivitas Antibakteri Starter Yogurt Dengan Metode Difusi Sumuran Dan Metode Difusi Cakram. *Jurnal Teknologi Hasil Peternakan*, 1(2), 41–46.
- Pelczar, Michael J., dan Chan, E. C. S. 2008. *Dasar-Dasar Mikrobiologi 1*. Jakarta: UI Press.
- Prastika, Irma. 2015. Analisis Cemaran Lemak Babi dalam Bakso di Purwokerto menggunakan Spektroskopi Fourier Transform Infrared (FTIR) dan Kemometrik. *Skripsi. Universitas Muhammadiyah Puwokerto*, 4–13.
- Pratiwi, Sylvia T. 2009. *Mikrobiologi Farmasi*. Jakarta: Erlangga.
- Putri, Meganada Hiaranya., Sukini, dan Yodong. 2017. *Mikrobiologi*. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Qutb, Sayyid. 2000. *Tafsir fi zhilalil Qur'an: di bawah naungan Al-Qur'an*. Jakarta: Gema Insani Press.
- Rachmawaty, Dhinary Umi. 2016. Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol, Etil Asetat dan Petroleum Eter Rambut Jagung Manis (*Zea mays ssaccharata* Sturt) Terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. Skripsi. UIN Malang.
- Radhika, Duraisamy., Dan Ameer, Mohaideen. 2015. Fourier Transform Infrared Analysis Of *Ulva Lactuca* and *Gracilaria Corticata* And Their Effect On Antibacterial Activity. *Asian Journal Of Pharmaceutical And Clinical Research*, 8(2), 209–212.
- Rahimi, Fatemeh., Tabarsa, Mehdi., dan Rezaei, Masoud. 2016. Ulvan from green algae *Ulva intestinalis*: optimization of ultrasound-assisted extraction and antioxidant activity. *Journal of Applied Phycology*, 28(5), 2979–2990.
- Rashad, Sayed., El-Chaghaby, Ghadir., Lima, Eder C., dan Simoes dos reis, Glaydson. 2021. Optimizing the ultrasonic-assisted extraction of antioxidants from *Ulva lactuca* algal biomass using factorial design. *Biomass Conversion and Biorefinery*.
- Rasyid, Abdullah. 2012. Identifikasi Senyawa Metabolit Sekunder Serta Uji Aktivitas Antibakteri dan Antioksidan Ekstrak Metanol Teripang *Stichopus hermannii*. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, 4(2), 360–368.
- Rengga, Wara Dyah Pita., Hartanto, Dwi., Wibowo, Bayu Tri., dan Setiawan,

- Mohammad. 2019. Ekstraksi Minyak Kulit Biji Mete dari Limbah Kulit Biji Mete (*Anacardium Occidentale*) dengan Bantuan Ultrasonik. *Jurnal Eksergi*, 16(1), 1–6.
- Rhamadani, Sari. 2015. Pembuatan Biodiesel Dari Mikroalga *Chlorella* sp. (Tinjauan Pengaruh Temperatur Pada Esterifikasi dan Konsentrasi Katalis KOH Pada Transesterifikasi). *Skripsi*. Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Riwanti, Pramudita., dan Izazih, Farizah. 2019. Skrining Fitokimia Ekstrak Etanol 96% *Sargassum polycystum* dan Profile dengan Spektrofotometri Infrared. *Acta Holistica Pharmacia*, 2(1), 34–41.
- Robinson, Trevor. 1995. *Kandungan organik tumbuhan tinggi*. Bandung: Penerbit ITB.
- Rohman, Abdul., dan Gandjar, Ibnu Gholib. 2007. *Kimia farmasi analisis*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Rosa, Laura A de la., Alvarez-Parrilla, Emilio., dan Gonzalez-Aguilar, Gustavo A. 2010. Fruit and vegetable phytochemicals: chemistry, nutritional value, and stability. *Phenolic Compounds: Chemistry and Occurrence in Fruits and Vegetables*, 53–88.
- Roslizawaty, Ramadani, Nita Yulida., Fakhurrrazi, dan Herrialfian. 2013. Aktivitas Antibakterial Ekstrak Etanol dan Rebusan Sarang Semut (*Myrmecodia* sp.) Terhadap Bakteri *Escherichia coli*. *Jurnal Medika Veterinaria*, 7(2), 91–94.
- Sa'adah, Hayatus., dan Nurhasnawati, Henny. 2015. Perbandingan Pelarut Etanol dan Air Pada Pembuatan Ekstrak Umbi Bawang Tiwai (*Eleutherine americana* Merr) Menggunakan Metode Maserasi. *Jurnal Ilmiah Manuntung*, 1(2), 149–153.
- Santos, Hugo Miguel., Lodeiro, Carlos., dan Capelo-Martínez, José-Luis. 2009. The Power of Ultrasound. *Ultrasound in Chemistry: Analytical Applications*, 1–16.
- Shihab, Muhammad Quraish. 2002. *Tafsir Al Mishbah : Pesan, Kesan dan Keserasian Al-Qur'an* (Cet 1). Jakarta: Lentera Hati.
- Shihab, Muhammad Quraish. 2004. *Tafsir al-Mishbah: Pesan, Kesan, dan Keserasian Al-Qur'an* (Vol. 3). Jakarta: Lentera Hati.
- Sholihah, Mar'atus., Ahmad, Usman., dan Budiastira, I Wayan. 2017. Aplikasi Gelombang Ultrasonik untuk Meningkatkan Rendemen Ekstraksi dan Efektivitas Antioksi dan Kulit Manggis. *JTEP (Jurnal Keteknik Pertanian)*, 5(2), 161–168.
- Shoviyyah. 2019. Uji Aktivitas Antioksidan dan Fitokimia Fraksi Etil Asetat,

Kloroform, dan Metanol Ekstrak Alga Hijau *Ulva Lactuca* dari Pantai Gunung Kidul Yogyakarta. *Skripsi*. UIN Malang.

Shriner, Ralph L. 1980. *The Systematic Identification of Organic Compound: A Laboratory Manual* (6th ed.). New York: John Wiley and Sons Inc.

Siadi, K. 2012. Ekstrak Bungkil Biji Jarak Pagar (*Jatropha curcas*) sebagai Biopestisida yang Efektif dengan Penambahan Larutan NaCl. *Jurnal MIPA*, 35(2), 77–83.

Skoog, Douglas A., Holler, F. James., dan Nieman, Timothy A. 1998. *Principles of Instrumental Analysis* (5th ed.). Philadelphia: Saunders College Pub.

Skoog, Douglas A., dan West, Donald M. 1971. *Principles of instrumental analysis*. Holt, New York: Rinehart and Winston,

Socrates, George. 1994. *Infrared and Raman characteristic group frequencies : tables and charts*. New York: John Wiley and Sons Inc.

Soejoko, Djarwani S., dan Wahyuni, Sri. 2002. Spektroskopi Inframerah Senyawa Kalsium Fosfat Hasil Presipitasi. *MAKARA SAINS* 6(3), 117–120.

Soleha, Tri Umiana. 2015. Uji Kepekaan Terhadap Antibiotik. *Juke Unila*, 5(9), 120.

Suarsa, I Wayan. 2015. *Spektroskopi*. Denpasar: Universitas Udayana.

Sudarmi, Kadek., Darmayasa, Ida Bagus Gede., dan Muksin, I Ketut. 2017. Uji Fitokimia dan Daya Hambat Ekstrak Daun Juwet (*Syzygium cumini*) Terhadap Pertumbuhan *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* ATCC. *SIMBIOSIS Journal of Biological Sciences*, 5(2), 47.

Sulistyo. 1971. *Farmakologi dan Terapi*. Yogyakarta: Penerbit EKG.

Sumich, Brendon J. 1992. *An Introduction to the biology of marine life*. New York: Wm. C. Brown Publishers.

Tenover, Fred C. 2006. Mechanisms of Antimicrobial Resistance in Bacteria. *American Journal of Medicine*, 119.

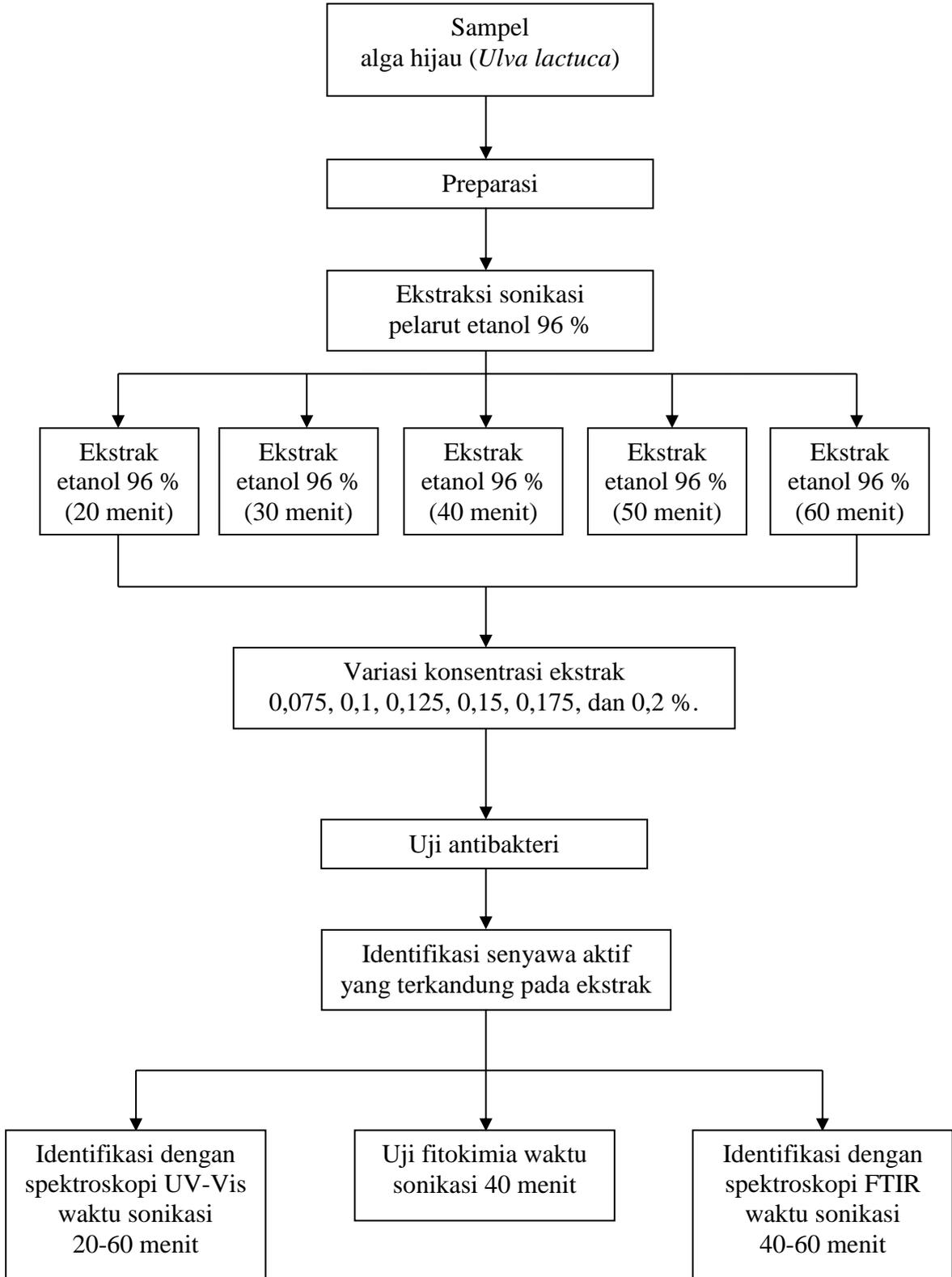
Utami, Kiswanti Surya. 2014. Uji Aktivitas Antibakteri Fraksi Etil Asetat, Kloroform, Petroleum Eter dan N-Heksana Hasil Hidrolisis Ekstrak Metanol Mikrolaga *Chlorella* sp. *Skripsi*. UIN Malang.

Vilkhu, Kamaljit., Mawson, Raymond., Simons, Lloyd., dan Bates, Darren. 2008. Applications and opportunities for ultrasound assisted extraction in the food industry - A review. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 9(2), 161–169.

- Wahjuni, Sri., Puspawati, Ni Made., dan Arista, Ni Putu Rusma Eva. 2016. Isolasi dan identifikasi Senyawa Aktif Antijamur dari Daun Mimba (*Azadirachta indica* A. Juss) sebagai Pengendali Jamur *Fusarium* sp. pada Tanaman Buah Naga (*Hylocerereus* sp.). *Jurnal Kimia*, 10(2), 197–203.
- Widyaningsih, Wahyu., Pramono, Suwidjiyo., Widyarini, Sitarina., dan Sugiyanto. 2016. Skrining Fitokimia Ekstrak Etanol *Ulva lactuca* L. Dengan Metode Kromatografi Lapis Tipis. *Media Farmasi: Jurnal Ilmu Farmasi*, 13(2), 199–211.
- Wulansari, Endang Dwi., Lestari, Dewi., dan Khoirunissa, Mujahidah Asma. 2020. Kandungan Terpenoid Dalam Daun Ara (*Ficus carica* L.) Sebagai Agen Antibakteri Terhadap Bakteri *Methicillin-Resistant Staphylococcus aureus*. *Pharmacon*, 9(2), 219.
- Yunita, Ni Luh Gede Dina., Wrasati, Luh Putu., dan Suhendra, Lutfi. 2018. Karakteristik Senyawa Bioaktif Ekstrak Selada Laut (*Ulva lactuca* L.) Pada Konsentrasi Pelarut Etanol dan Lama Ekstraksi. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 6(3), 189.
- Zeniusa, Popi., Ramadhian, M. Ricky., Nasution, Syahrul Hamidi., dan Karima, Nisa. 2019. Uji Daya Hambat Ekstrak Etanol Teh Hijau terhadap *Escherichia coli* secara In Vitro. *Majority*, 8(2), 136–143.
- Zulfadhli dan Rinawati. 2018. Potensi Selada Laut *Ulva lactuca* Sebagai Antifungi dalam Pengendalian Infeksi *Saprolegnia* dan *Achlya* Pada Budidaya Ikan Kerling (*Tor* sp). *Jurnal Perikanan Tropis*, 5(2), 183.

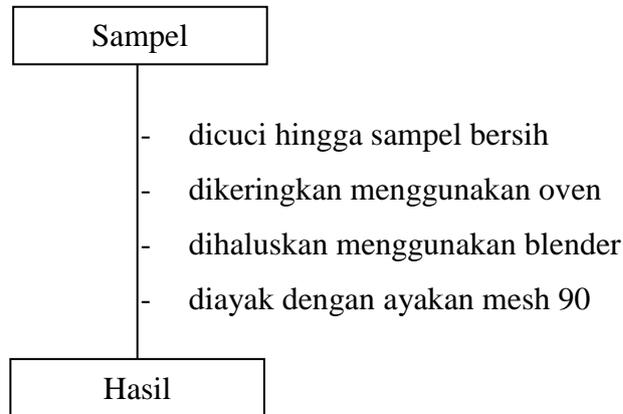
LAMPIRAN

Lampiran 1. Rancangan Penelitian

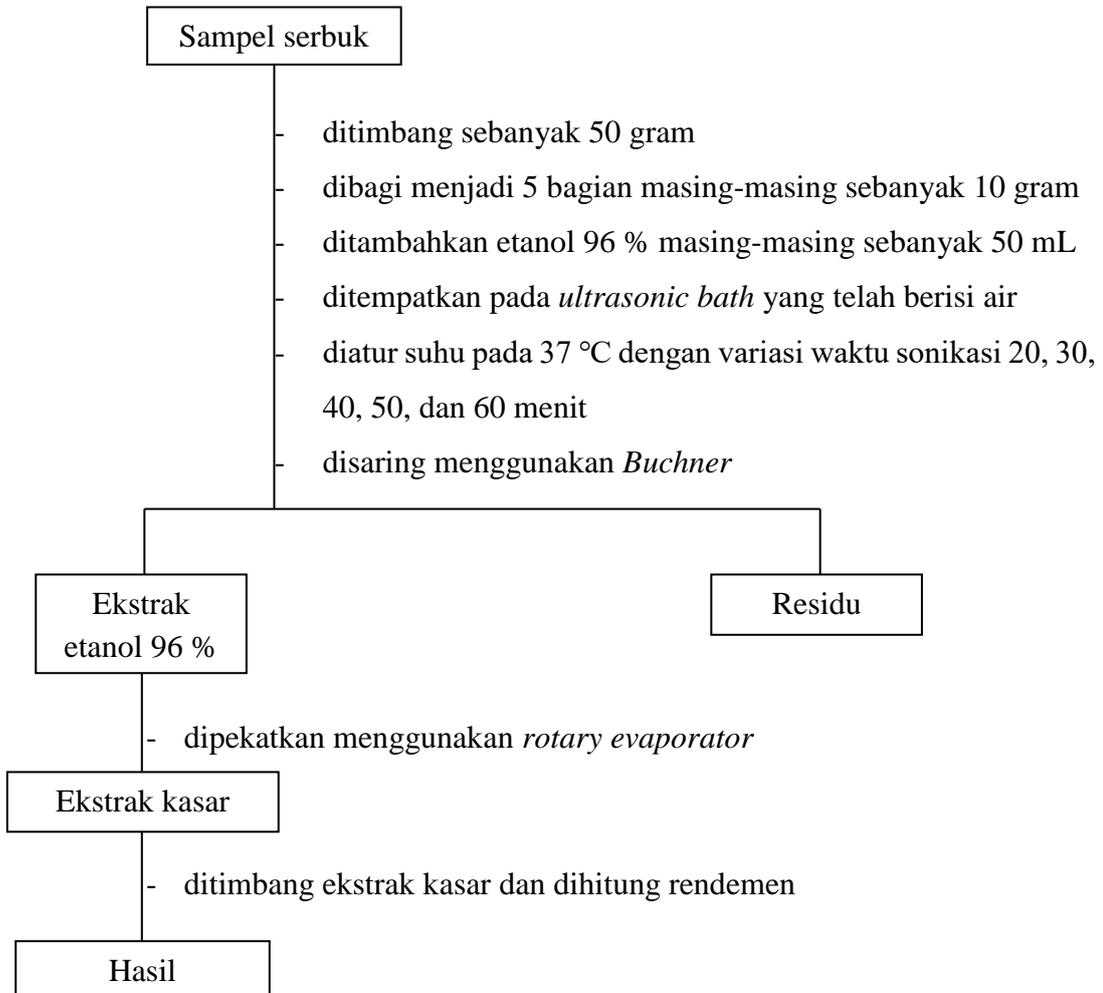


Lampiran 2. Diagram Alir

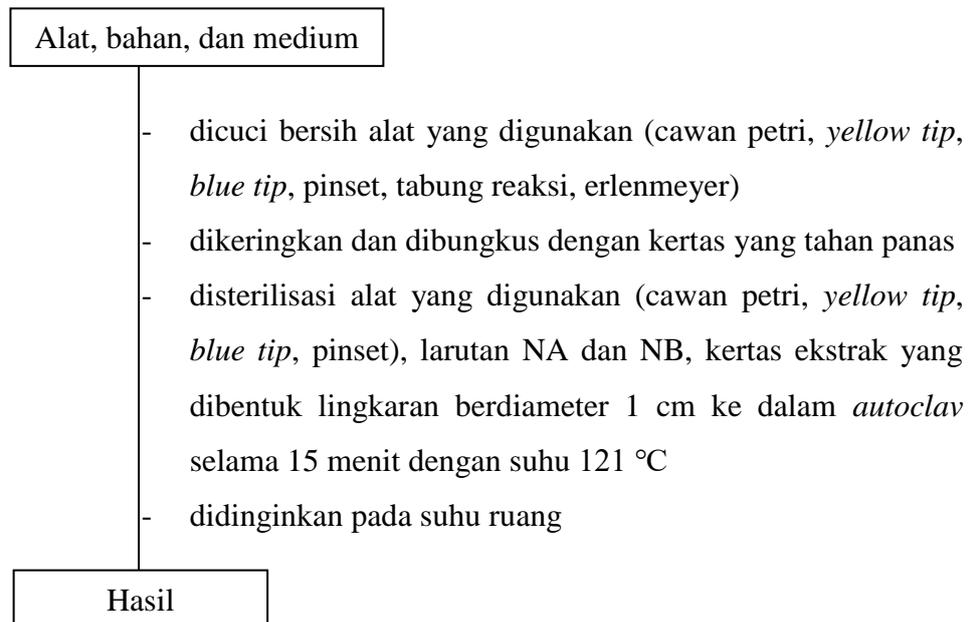
L.2.1. Preparasi Sampel



L.2.2. Ekstraksi Sonikasi Alga Hijau *Ulva lactuca*

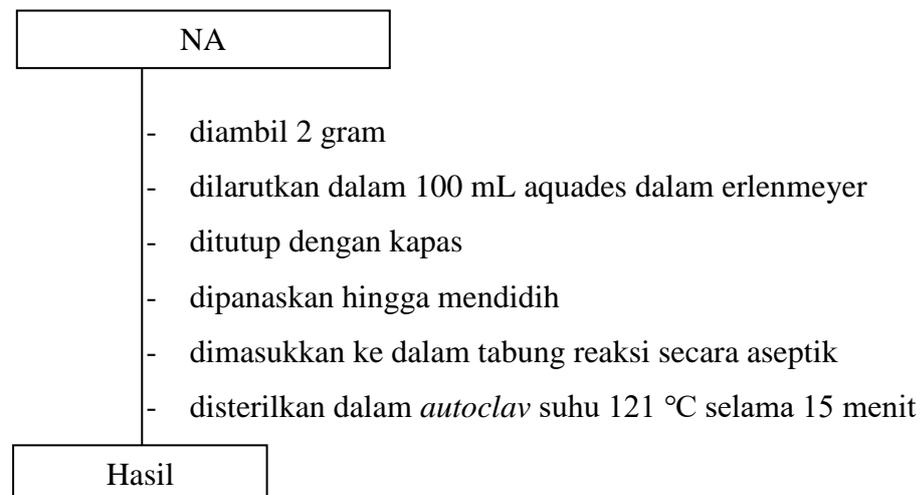


L.2.3. Sterilisasi Alat dan Bahan

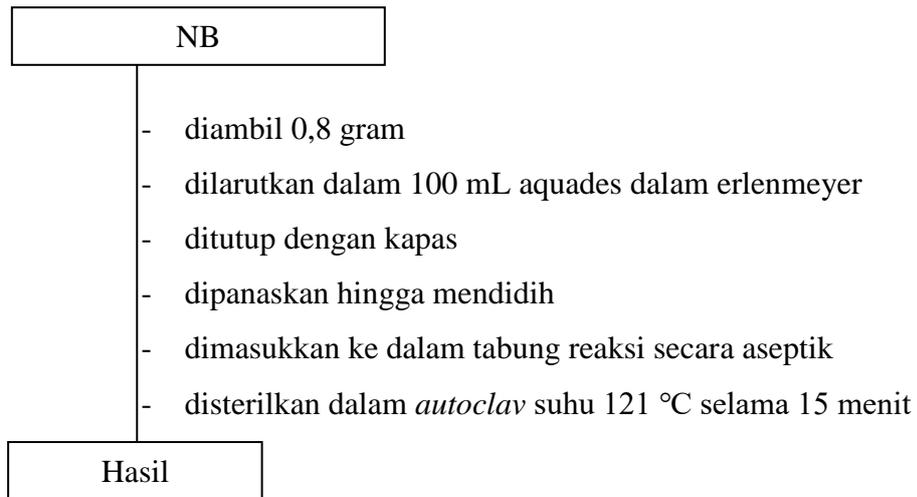


L.2.4. Pembuatan Media

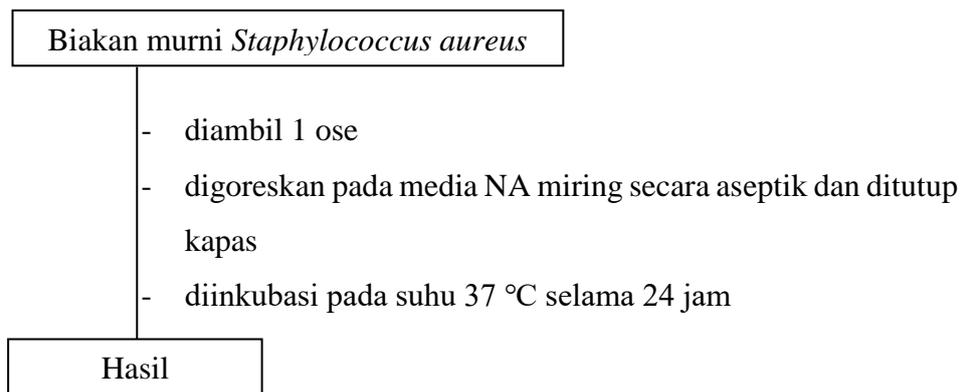
L.2.4.1. Pembuatan Media Nutrient Agar (NA)



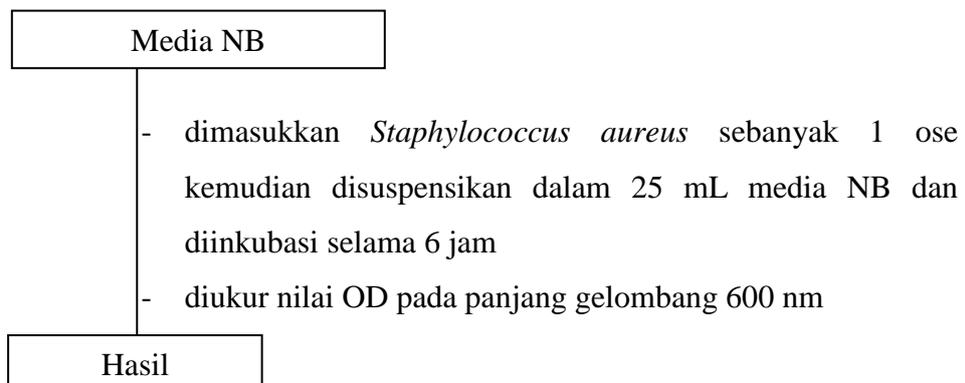
L.2.4.2. Pembuatan Media Nutrient Broth (NB)



L.2.5. Regenerasi Bakteri *Staphylococcus aureus*

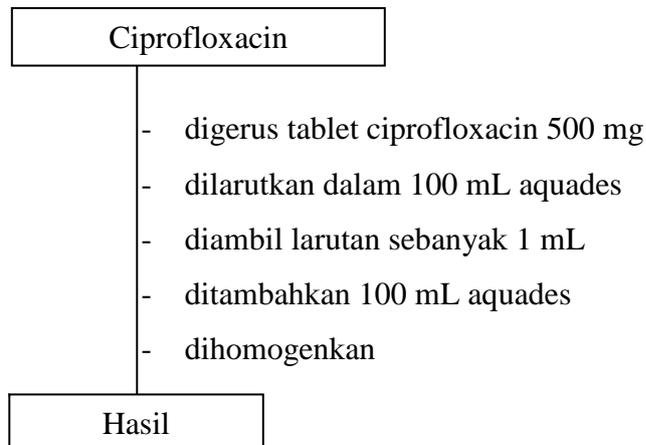


L.2.6. Inokulum Bakteri *Staphylococcus aureus*

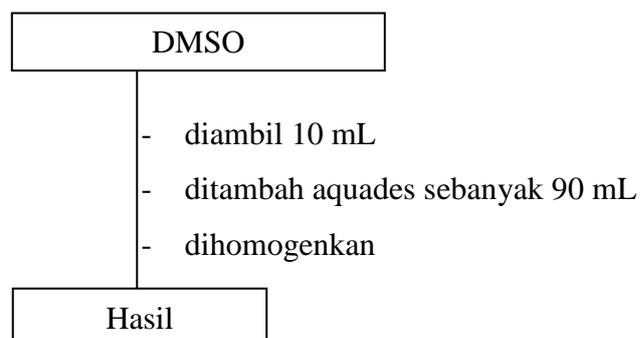


L.2.7. Pembuatan Larutan Kontrol

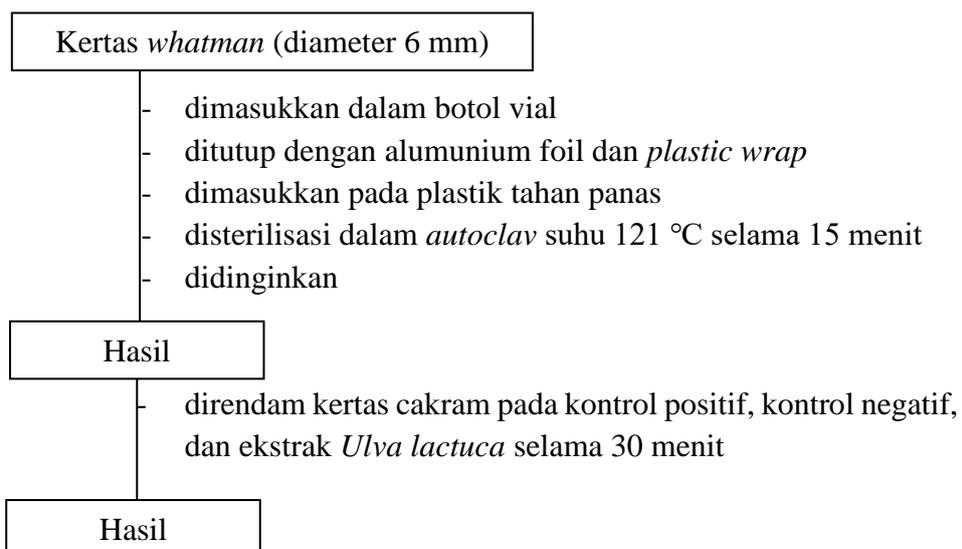
L.2.7.1. Pembuatan Larutan Ciprofloxacin



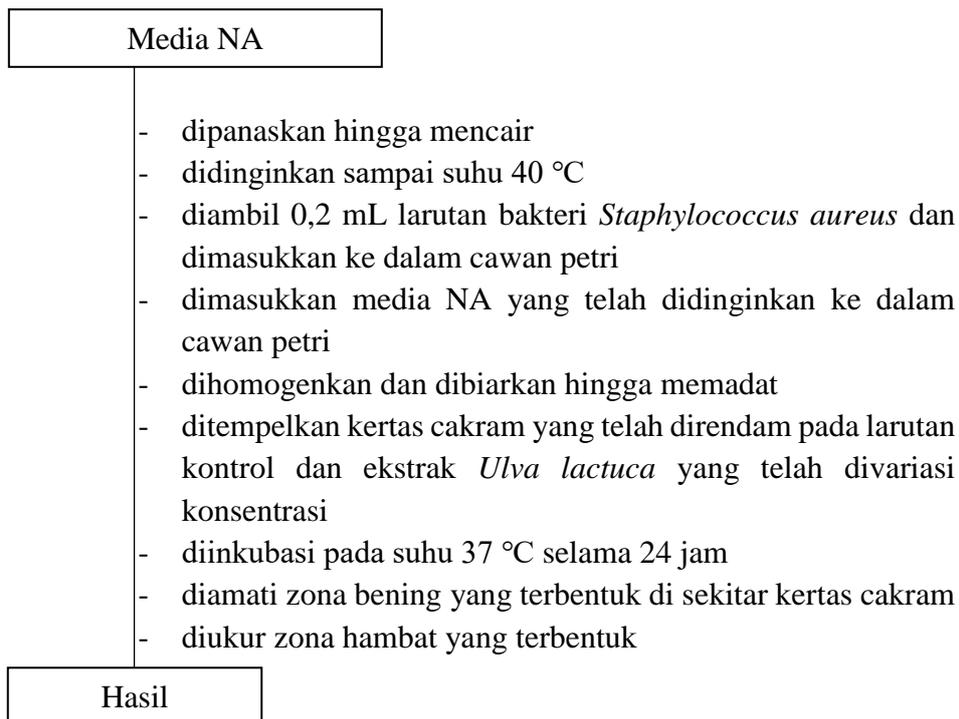
L.2.7.2. Pembuatan Larutan DMSO



L.2.8. Pembuatan dan Peresapan Kertas Cakram

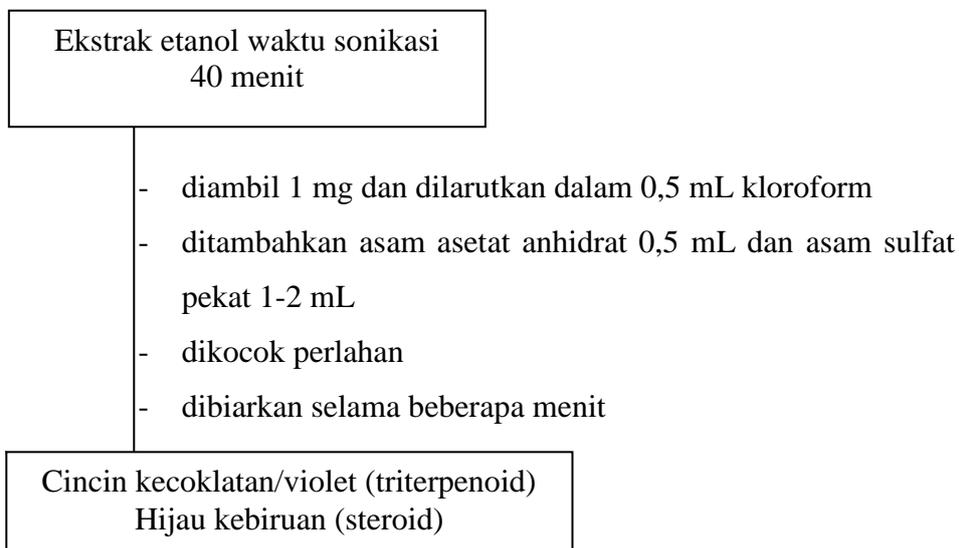


L.2.9. Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol *Ulva lactuca*

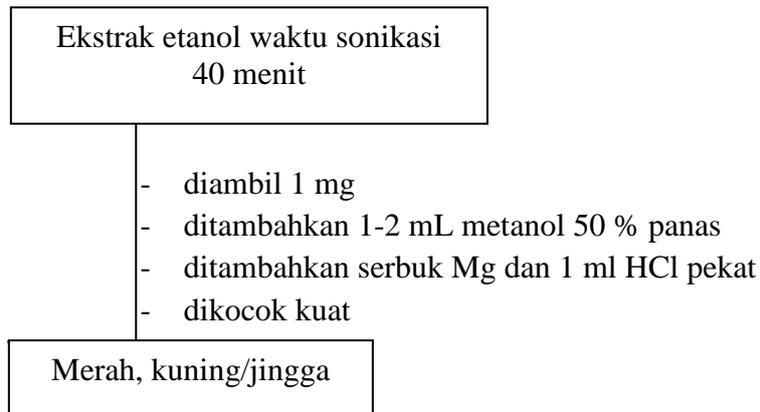


L.2.10. Uji Fitokimia

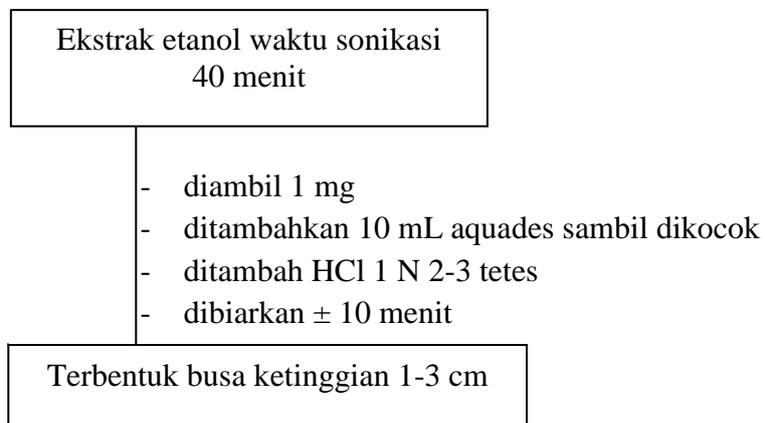
L.2.10.1. Uji Triterpenoid dan Steroid



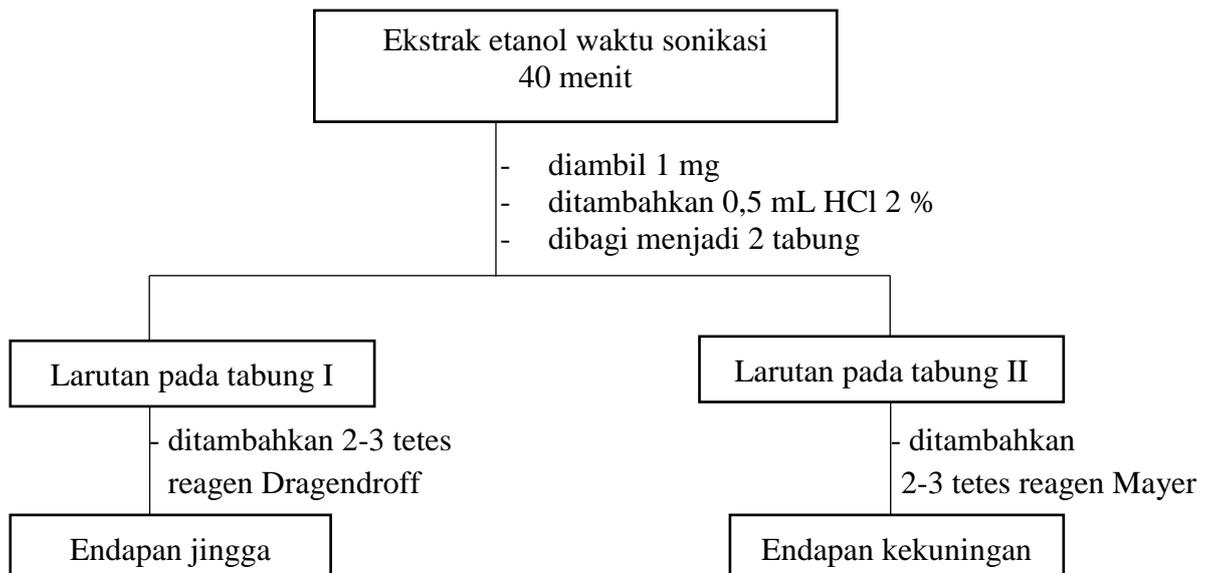
L.2.10.2. Uji Flavonoid

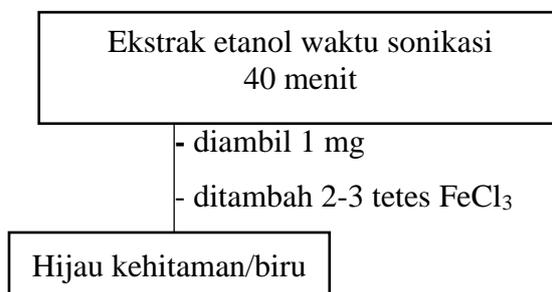
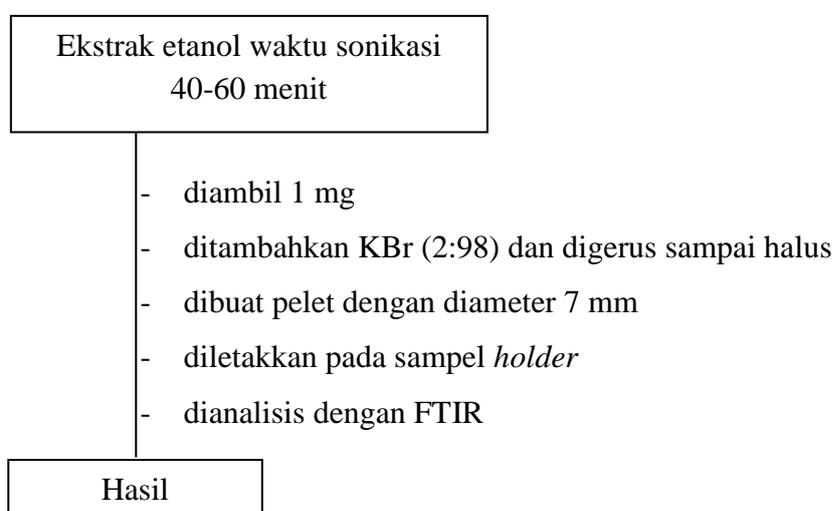
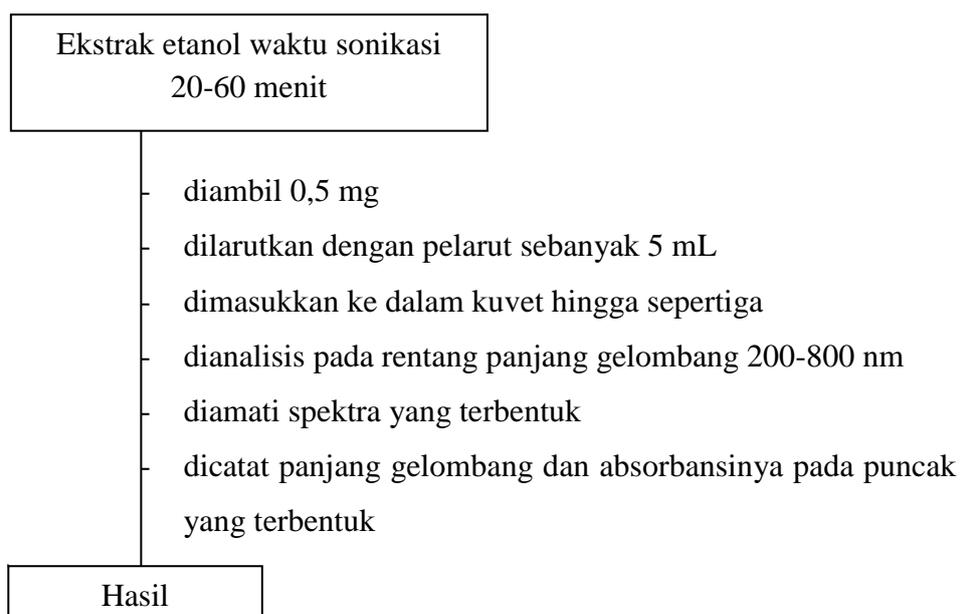


L.2.10.3. Uji Saponin



L.2.10.4. Uji Alkaloid



L.2.10.5. Uji Tanin**L.2.11. Identifikasi Menggunakan Spektroskopi FTIR****L.2.12. Identifikasi Menggunakan Spektroskopi UV-Vis**

Lampiran 3. Perhitungan

3.1 Pembuatan Larutan HCl 2 %

$$\% \times V1 = \% \times V2$$

$$37\% \times V1 = 2\% \times 10 \text{ mL}$$

$$V1 = 0,54 \text{ mL} = 0,5 \text{ mL}$$

HCl pekat 37 % diambil sebanyak 0,5 mL dimasukkan dalam labu ukur 10 mL, kemudian ditandabatkan dengan aquades.

3.2 Pembuatan Larutan Sampel

3.3.1. Pembuatan Larutan Stok Sampel 0,25 % dalam 25 mL

$$1 \% = 10000 \text{ ppm}$$

$$0,25 \% = 2500 \text{ ppm}$$

$$\text{ppm} = \text{mg/L}$$

$$2500 \text{ ppm} = \frac{\text{berat (mg)}}{0,025 \text{ L}}$$

$$\begin{aligned} \text{berat ekstrak} &= 0,025 \text{ L} \times 2500 \text{ ppm} \\ &= 62,5 \text{ mg} \end{aligned}$$

Ekstrak ditimbang 62,5 mg dilarutkan dengan etanol 96 % dalam labu ukur 25 mL dan ditandabatkan.

3.3.2. Pembuatan Larutan Sampel 0,075 % dalam 5 mL

$$\% \times V1 = \% \times V2$$

$$0,25 \% \times V1 = 0,075 \% \times 5 \text{ mL}$$

$$V1 = 1,5 \text{ mL}$$

Larutan stok sampel 0,25 % diambil sebanyak 1,5 mL dilarutkan dengan etanol 96 % dalam labu ukur 5 mL dan ditandabatkan.

3.3.3. Pembuatan Larutan Sampel 0,1 % dalam 5 mL

$$\% \times V1 = \% \times V2$$

$$0,25 \% \times V1 = 0,1 \% \times 5 \text{ mL}$$

$$V1 = 2 \text{ mL}$$

Larutan stok sampel 0,25 % diambil sebanyak 2 mL dilarutkan dengan etanol 96 % dalam labu ukur 5 mL dan ditandabatkan.

3.3.4. Pembuatan Larutan Sampel 0,125 % dalam 5 mL

$$\% \times V1 = \% \times V2$$

$$0,25 \% \times V1 = 0,125 \% \times 5 \text{ mL}$$

$$V1 = 2,5 \text{ mL}$$

Larutan stok sampel 0,25 % diambil sebanyak 2,5 mL dilarutkan dengan etanol 96 % dalam labu ukur 5 mL dan ditandabatkan.

3.3.5. Pembuatan Larutan Sampel 0,15 % dalam 5 mL

$$\% \times V1 = \% \times V2$$

$$0,25 \% \times V1 = 0,15 \% \times 5 \text{ mL}$$

$$V1 = 3 \text{ mL}$$

Larutan stok sampel 0,25 % diambil sebanyak 3 mL dilarutkan dengan etanol 96 % dalam labu ukur 5 mL dan ditandabatkan.

3.3.6. Pembuatan Larutan Sampel 0,175 % dalam 5 mL

$$\% \times V1 = \% \times V2$$

$$0,25 \% \times V1 = 0,175 \% \times 5 \text{ mL}$$

$$V1 = 3,5 \text{ mL}$$

Larutan stok sampel 0,25 % diambil sebanyak 3,5 mL dilarutkan dengan etanol 96 % dalam labu ukur 5 mL dan ditandabatkan.

3.3.7. Pembuatan Larutan Sampel 0,2 % dalam 5 mL

$$\% \times V1 = \% \times V2$$

$$0,25 \% \times V1 = 0,2 \% \times 5 \text{ mL}$$

$$V1 = 4 \text{ mL}$$

Larutan stok sampel 0,25 % diambil sebanyak 4 mL dilarutkan dengan etanol 96 % dalam labu ukur 5 mL dan ditandabatkan.

Lampiran 4. Data Penelitian

L.4.1. Perhitungan Kadar Air Sampel Kering *Ulva lactuca*

L.4.1.1. Data Berat Cawan Kosong

Ulangan Cawan	Berat Cawan Kosong (g)			Berat Konstan (g)	
	Sebelum dioven	P1	P2		P3
A1	43,9847	43,9843	43,9842	43,9841	43,9842
A2	56,2317	56,2306	56,2304	56,2304	56,23046
A3	56,8996	56,8989	56,8984	56,8984	56,89846

Keterangan: A = Cawan, P = Ulangan

Berat cawan kosong yang telah konstan kemudian ditambah 1 gram serbuk *Ulva lactuca* dan ditimbang kembali sampai berat konstan pada data cawan+sampel.

L.4.1.2. Data Berat Cawan+Sampel

Ulangan Cawan	Berat Cawan+Sampel (g)			Berat Konstan (g)	
	Sebelum dioven	P1	P2		P3
A1	44,9944	44,9149	44,9143	44,9141	44,91443
A2	57,2442	57,1676	57,1668	57,1651	57,1665
A3	57,9072	57,8323	57,8313	57,8311	57,83156

Keterangan: A = Cawan, P = Ulangan

Data berat konstan yang didapatkan adalah data berat cawan+sampel konstan yang akan dihitung nilai kadar airnya.

L.4.1.3. Kadar Air Sampel Cawan A1

$$\begin{aligned}\text{Kadar air} &= \frac{(\text{berat cawan+sampel sebelum dioven})-(\text{berat cawan+sampel setelah dioven})}{(\text{berat cawan+sampel sebelum dioven})-(\text{berat cawan kosong})} \times 100 \% \\ &= \frac{(44,9944-44,91443)\text{g}}{(44,9944-43,9842)\text{g}} \times 100 \% \\ &= 7,91 \%\end{aligned}$$

L.4.1.4. Kadar Air Sampel Cawan A2

$$\begin{aligned}\text{Kadar air} &= \frac{(\text{berat cawan+sampel sebelum dioven})-(\text{berat cawan+sampel setelah dioven})}{(\text{berat cawan+sampel sebelum dioven})-(\text{berat cawan kosong})} \times 100 \% \\ &= \frac{(57,2442-57,1665)\text{g}}{(57,2442-56,23046)\text{g}} \times 100 \% \\ &= 7,66 \%\end{aligned}$$

L.4.1.5. Kadar Air Sampel Cawan A3

$$\begin{aligned} \text{Kadar air} &= \frac{(\text{berat cawan+sampel sebelum dioven})-(\text{berat cawan+sampel setelah dioven})}{(\text{berat cawan+sampel sebelum dioven})-(\text{berat cawan kosong})} \times 100 \% \\ &= \frac{(57,9072-57,83156)\text{g}}{(57,9072-56,89846)\text{g}} \times 100 \% \\ &= 7,49 \% \end{aligned}$$

L.4.1.6. Kadar Air Rata-Rata *Ulva lactuca*

$$\text{Kadar air rata-rata} = \frac{(7,91 + 7,66 + 7,49)\%}{3} = 7,68 \%$$

L.4.2. Perhitungan Rendemen Hasil Sonikasi

$$\% \text{ Rendemen} = \frac{(\text{berat ekstrak pekat})\text{g}}{(\text{berat sampel})\text{g}} \times 100 \%$$

L.4.2.1. Rendemen Waktu Sonikasi 20 menit

$$\begin{aligned} \% \text{ Rendemen} &= \frac{0,4524 \text{ g}}{10 \text{ g}} \times 100 \% \\ &= 4,524 \% \end{aligned}$$

L.4.2.2. Rendemen Waktu Sonikasi 30 menit

$$\begin{aligned} \% \text{ Rendemen} &= \frac{0,5628 \text{ g}}{10 \text{ g}} \times 100 \% \\ &= 5,628 \% \end{aligned}$$

L.4.2.3. Rendemen Waktu Sonikasi 40 menit

$$\begin{aligned} \% \text{ Rendemen} &= \frac{0,7397 \text{ g}}{10 \text{ g}} \times 100 \% \\ &= 7,397 \% \end{aligned}$$

L.4.2.4. Rendemen Waktu Sonikasi 50 menit

$$\begin{aligned} \% \text{ Rendemen} &= \frac{0,8004 \text{ g}}{10 \text{ g}} \times 100 \% \\ &= 8,004 \% \end{aligned}$$

L.4.2.5. Rendemen Waktu Sonikasi 60 menit

$$\begin{aligned} \% \text{ Rendemen} &= \frac{0,9126 \text{ g}}{10 \text{ g}} \times 100 \% \\ &= 9,126 \% \end{aligned}$$

L.4.3. Hasil Uji Aktivitas Antibakteri

L.4.3.1. Hasil Zona Hambat Ekstrak Etanol *Ulva lactuca* Waktu Sonikasi 20 menit terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus*

Konsentrasi (%)	Zona hambat (mm)			Rata-rata (mm)
	1	2	3	
0,075	0	0	0	0
0,1	0	0	0	0
0,125	0	0	0	0
0,15	0	0	0	0
0,175	7,9	8,5	9,4	8,6
0,2	9,5	11,4	11,4	10,77

L.4.3.2. Hasil Zona Hambat Ekstrak Etanol *Ulva lactuca* Waktu Sonikasi 30 menit terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus*

Konsentrasi (%)	Zona hambat (mm)			Rata-rata (mm)
	1	2	3	
0,075	0	0	0	0
0,1	0	0	0	0
0,125	0	0	0	0
0,15	0	0	0	0
0,175	5,2	5,6	6,7	5,83
0,2	6,6	6,7	7,8	7,03

L.4.3.3. Hasil Zona Hambat Ekstrak Etanol *Ulva lactuca* Waktu Sonikasi 40 menit terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus*

Konsentrasi (%)	Zona hambat (mm)			Rata-rata (mm)
	1	2	3	
0,075	6,2	8,1	8,2	7,5
0,1	8,2	8,8	9,7	8,9
0,125	11,9	12	12,8	12,23
0,15	6,4	6,6	6,9	6,63
0,175	7,6	7,7	8,9	8,07
0,2	8,5	10,2	10,9	9,87

L.4.3.4. Hasil Zona Hambat Ekstrak Etanol *Ulva lactuca* Waktu Sonikasi 50 menit terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus*

Konsentrasi (%)	Zona hambat (mm)			Rata-rata (mm)
	1	2	3	
0,075	4,2	4,2	4,6	4,33
0,1	5,9	6,5	9,8	7,4
0,125	6,05	6,9	10,9	7,95
0,15	3,4	3,4	3,8	3,53
0,175	3,9	4,2	4,6	4,23
0,2	5,9	6,2	7,3	6,47

L.4.3.5. Hasil Zona Hambat Ekstrak Etanol *Ulva lactuca* Waktu Sonikasi 60 menit terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus*

Konsentrasi (%)	Zona hambat (mm)			Rata-rata (mm)
	1	2	3	
0,075	3,9	3,7	5,1	4,23
0,1	5,3	5,9	6,2	5,8
0,125	6,8	7,1	7,2	7,03
0,15	7,1	7,5	8,4	7,67
0,175	4,9	5,6	6,3	5,6
0,2	8,3	8,3	8,9	4,25

L.4.3.6. Hasil Zona Hambat Kontrol (+) Ciprofloxacin terhadap *Staphylococcus aureus*

Konsentrasi (%)	Zona hambat (mm)			Rata-rata (mm)
	1	2	3	
0,075	10,3	10,9	10	10,4
0,2	16,4	17,9	19,25	17,85

L.4.4. Hasil Analisis dengan *Two Way Anova* (SPSS) dan Uji BNJ

L.4.4.1. Hasil Analisis *Two Way Anova* Bakteri *Staphylococcus aureus*

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: ZonaHambat

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	811,241 ^a	9	90,138	16,388	,000
Intercept	2502,197	1	2502,197	454,929	,000
WaktuSonikasi	512,417	4	128,104	23,291	,000
Konsentrasi	298,824	5	59,765	10,866	,000
Error	440,015	80	5,500		
Total	3753,453	90			
Corrected Total	1251,256	89			

a. R Squared = ,648 (Adjusted R Squared = ,609)

Sig < 0,05 ada perbedaan antar perlakuan

Sig > 0,05 tidak ada perbedaan antar perlakuan

L.4.4.2. Uji BNJ Variasi Waktu Sonikasi terhadap Zona Hambat

Homogeneous Subsets

ZonaHambat		Subset			
	WaktuSonikasi	N	1	2	3
Tukey HSD ^{a,b}	30,00	18	2,1444		
	20,00	18	3,2278		
	50,00	18		5,6528	
	60,00	18		6,4722	
	40,00	18			8,8667
	Sig.			,638	,832

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 5,500.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 18,000.

b. Alpha = ,05.

L.4.4.3. Uji BNJ Variasi Konsentrasi terhadap Zona Hambat

Homogeneous Subsets

ZonaHambat		Subset			
	Konsentrasi	N	1	2	3
Tukey HSD ^{a,b}	,075	15	3,2133		
	,150	15	3,5667		
	,100	15	4,4200	4,4200	
	,125	15	5,4433	5,4433	
	,175	15		6,4667	6,4667
	,200	15			8,5267
	Sig.			,108	,172

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 5,500.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 15,000.

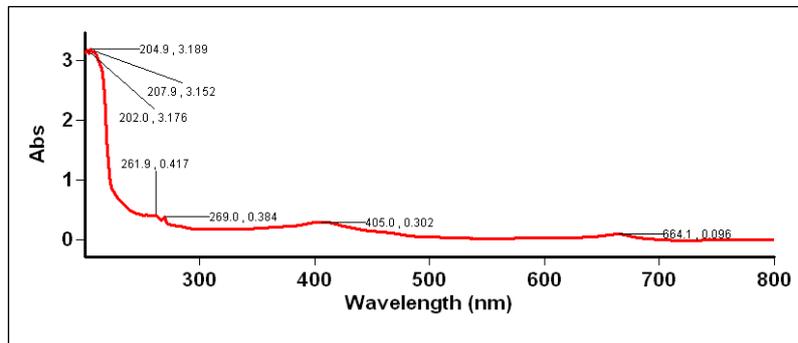
b. Alpha = ,05.

L.4.4.4. Standar Deviasi Variasi Waktu Sonikasi dan Konsentrasi terhadap Zona Hambat

Descriptive Statistics				
Dependent Variable: ZonaHambat				
WaktuSonikasi	Konsentrasi	Mean	Std. Deviation	N
20,00	,075	,0000	,00000	3
	,100	,0000	,00000	3
	,125	,0000	,00000	3
	,150	,0000	,00000	3
	,175	8,6000	,75498	3
	,200	10,7667	1,09697	3
	Total	3,2278	4,76295	18
30,00	,075	,0000	,00000	3
	,100	,0000	,00000	3
	,125	,0000	,00000	3
	,150	,0000	,00000	3
	,175	5,8333	,77675	3
	,200	7,0333	,66583	3
	Total	2,1444	3,16046	18
40,00	,075	7,5000	1,12694	3
	,100	8,9000	,75498	3
	,125	12,2333	,49329	3
	,150	6,6333	,25166	3
	,175	8,0667	,72342	3
	,200	9,8667	1,23423	3
	Total	8,8667	1,99823	18
50,00	,075	4,3333	,23094	3
	,100	7,4000	2,10000	3
	,125	7,9500	2,58988	3
	,150	3,5333	,23094	3
	,175	4,2333	,35119	3
	,200	6,4667	,73711	3
	Total	5,6528	2,10744	18
60,00	,075	4,2333	,75719	3
	,100	5,8000	,45826	3
	,125	7,0333	,20817	3
	,150	7,6667	,66583	3
	,175	5,6000	,70000	3
	,200	8,5000	,34641	3
	Total	6,4722	1,53386	18
Total	,075	3,2133	3,02085	15
	,100	4,4200	3,96560	15
	,125	5,4433	5,04632	15
	,150	3,5667	3,33909	15
	,175	6,4667	1,78032	15
	,200	8,5267	1,84254	15
	Total	5,2728	3,74954	90

L.4.5. Hasil Identifikasi Menggunakan UV-Vis

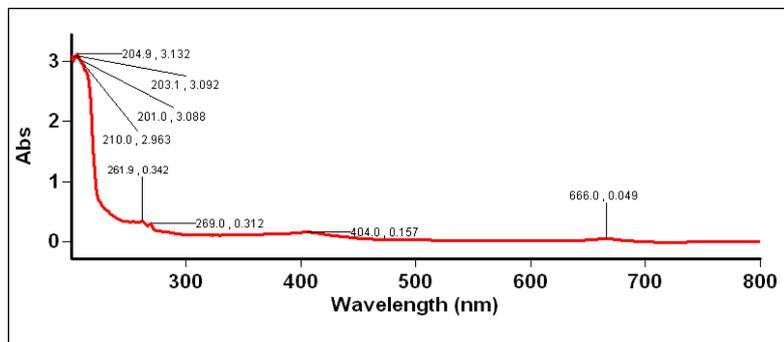
L.4.5.1. Ekstrak Etanol *Ulva lactuca* Waktu Sonikasi 20 menit



Wavelength (nm)	Abs
-----------------	-----

664.1	0.096
405.0	0.302
269.0	0.384
261.9	0.417
207.9	3.152
204.9	3.189
202.0	3.176

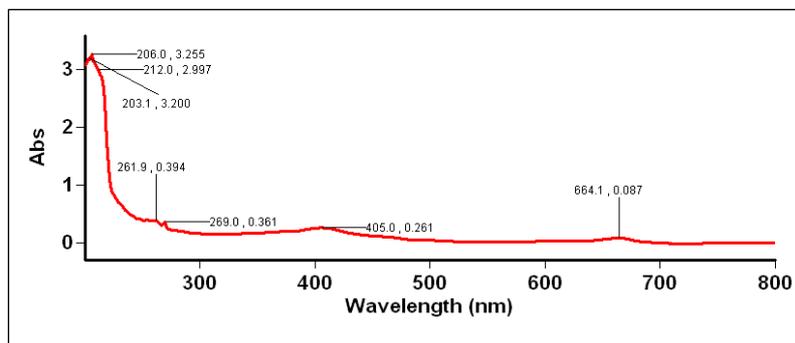
L.4.5.2. Ekstrak Etanol *Ulva lactuca* Waktu Sonikasi 30 menit



Wavelength (nm)	Abs
-----------------	-----

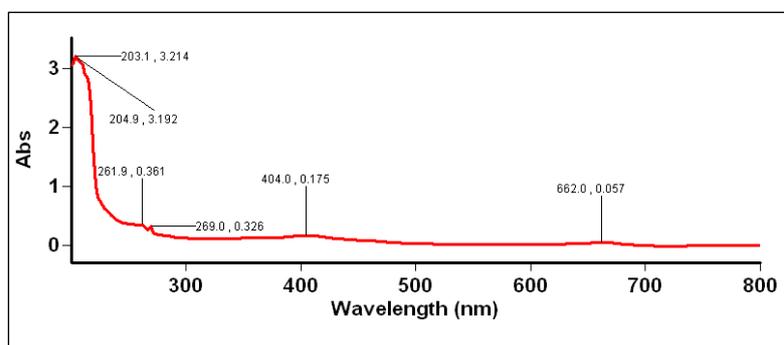
666.0	0.049
404.0	0.157
269.0	0.312
261.9	0.342
210.0	2.963
204.9	3.132
203.1	3.092
201.0	3.088

L.4.5.3. Ekstrak Etanol *Ulva lactuca* Waktu Sonikasi 40 menit



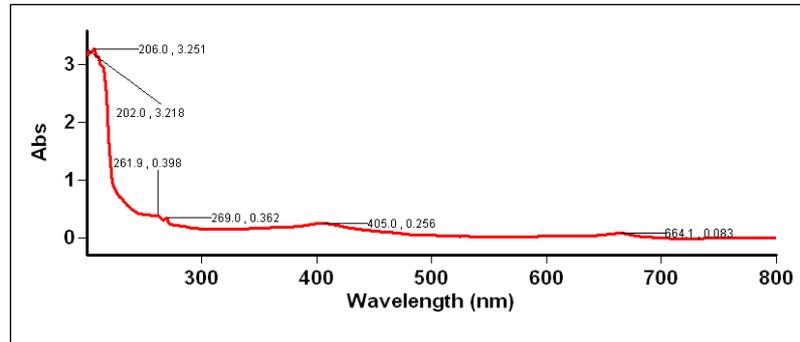
Wavelength (nm)	Abs
664.1	0.087
405.0	0.261
269.0	0.361
261.9	0.394
212.0	2.997
206.0	3.255
203.1	3.200

L.4.5.4. Ekstrak Etanol *Ulva lactuca* Waktu Sonikasi 50 menit



Wavelength (nm)	Abs
662.0	0.057
404.0	0.175
269.0	0.326
261.9	0.361
204.9	3.192
203.1	3.214

L.4.5.5. Ekstrak Etanol *Ulva lactuca* Waktu Sonikasi 60 menit

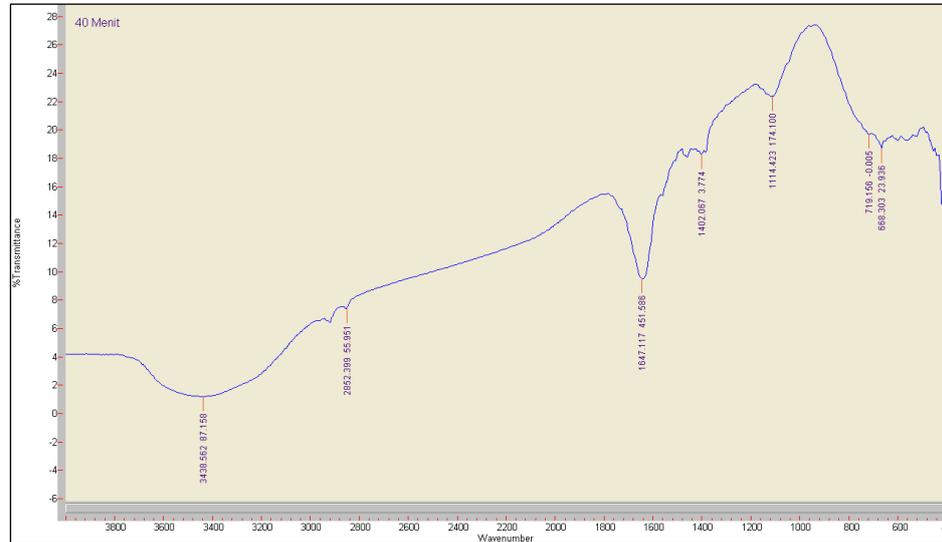


Wavelength (nm) Abs

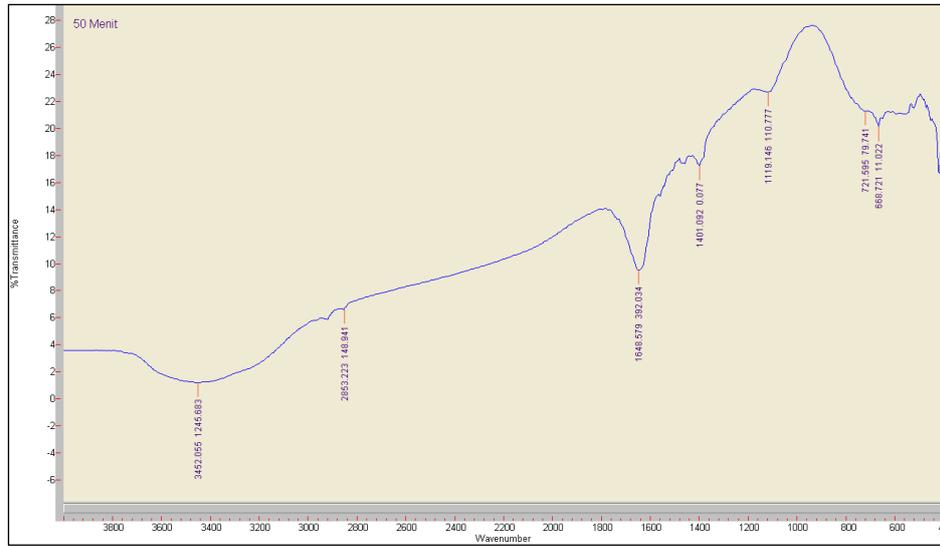
664.1	0.083
405.0	0.256
269.0	0.362
261.9	0.398
206.0	3.251
202.0	3.218

L.4.6. Hasil Identifikasi Menggunakan FTIR

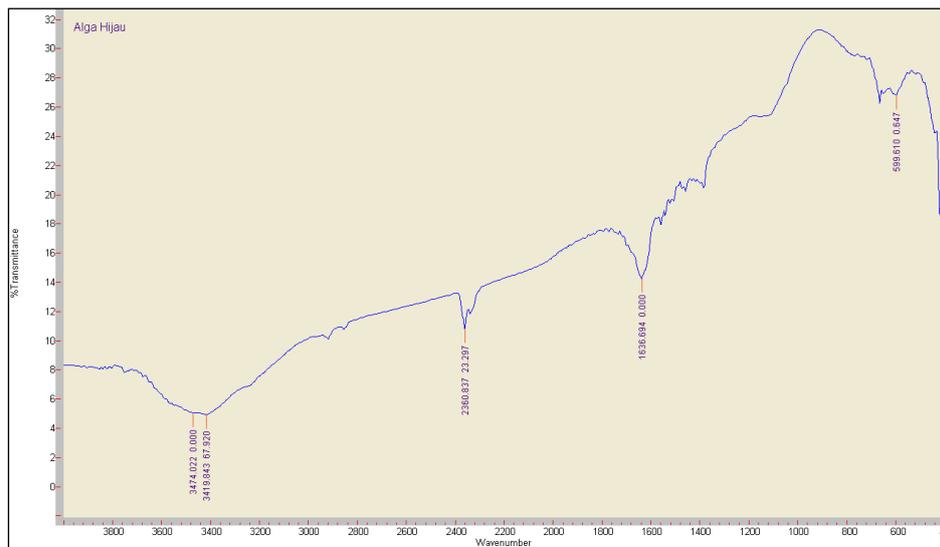
L.4.6.1. Ekstrak Etanol *Ulva lactuca* Waktu Sonikasi 40 menit



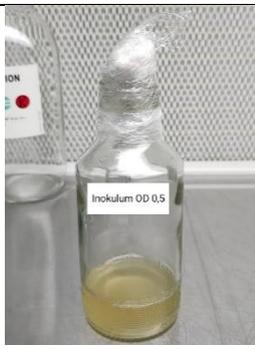
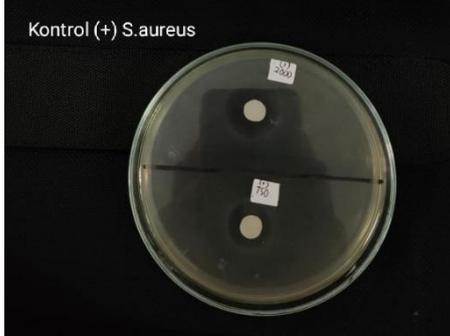
L.4.6.2. Ekstrak Etanol *Ulva lactuca* Waktu Sonikasi 50 menit

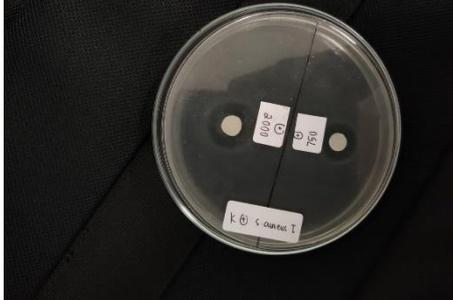
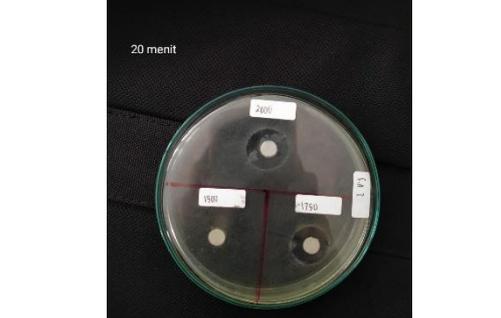
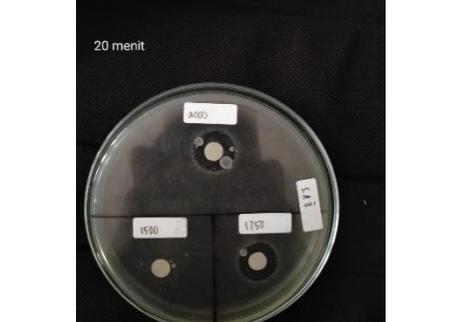
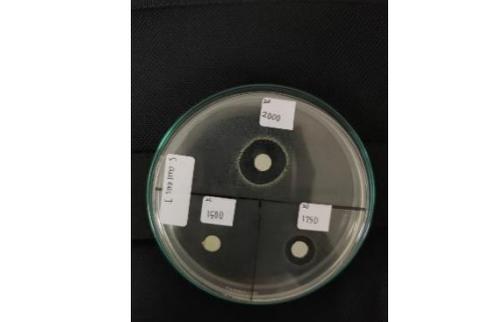
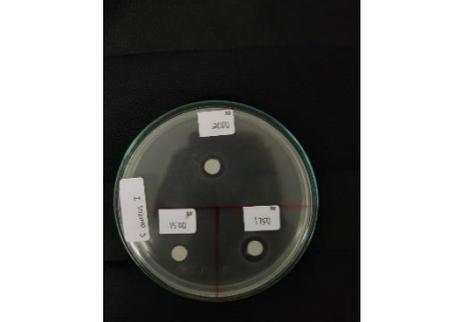
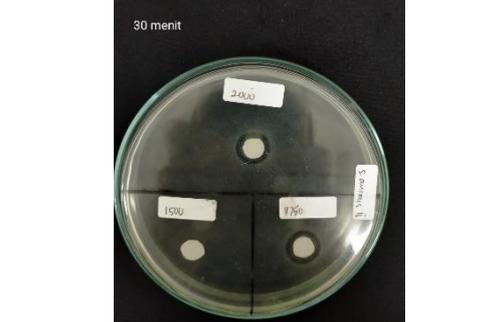


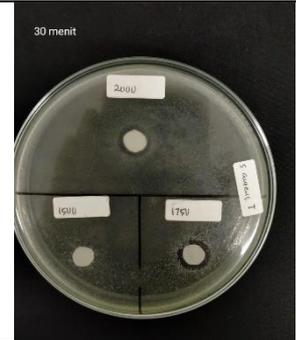
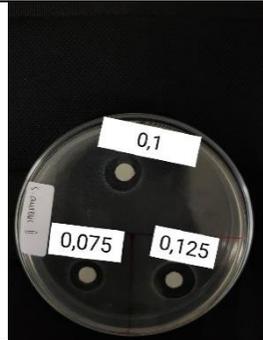
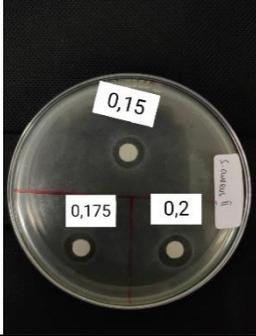
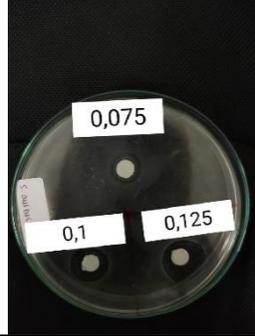
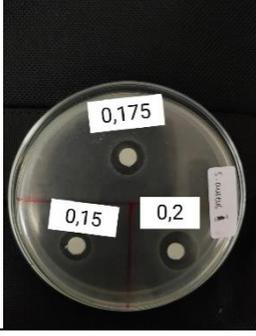
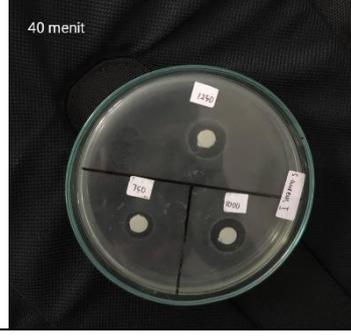
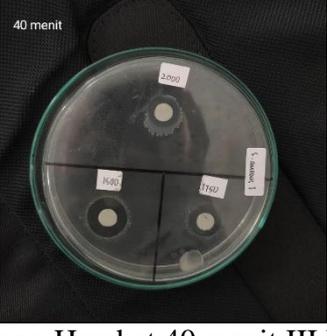
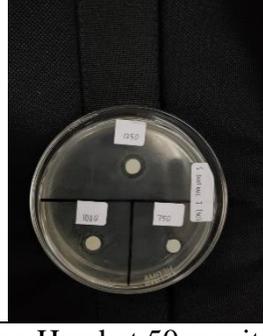
L.4.6.3. Ekstrak Etanol *Ulva lactuca* Waktu Sonikasi 60 menit

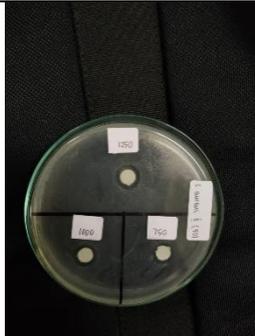
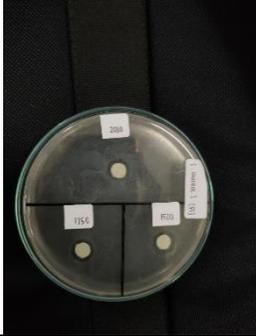
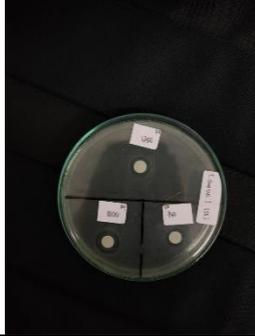
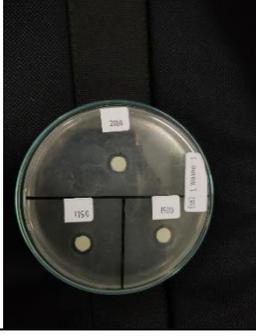
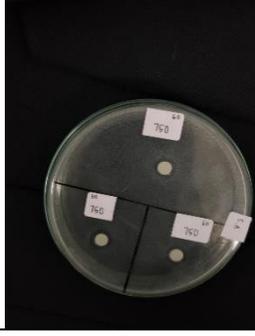
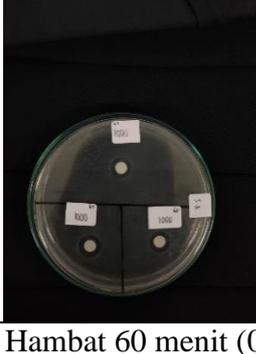
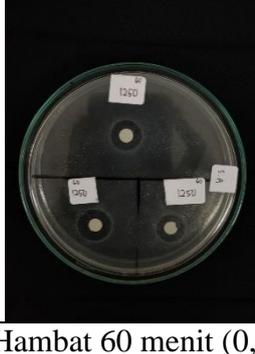


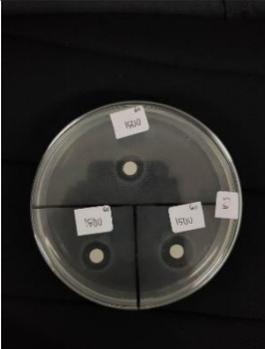
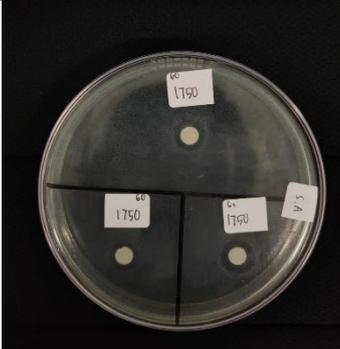
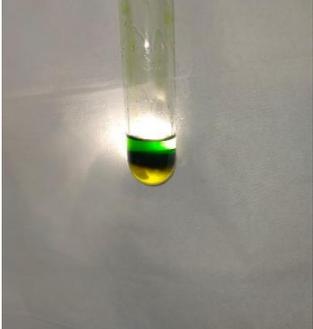
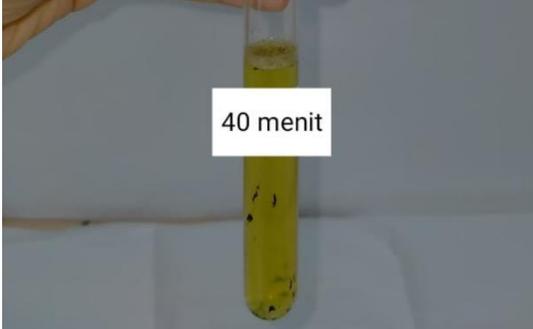
L.4.7. Dokumentasi

	
<p>Ekstraksi Sonikasi dengan <i>Water bath</i></p>	<p>Hasil Ekstraksi Sonikasi <i>Ulva lactuca</i></p>
	
<p>Pemekatan dengan <i>Rotary evaporator</i></p>	<p>Ekstrak Kasar <i>Ulva lactuca</i></p>
	
<p>Regenerasi <i>Staphylococcus aureus</i></p>	<p>Inokulum <i>Staphylococcus aureus</i></p>
	
<p>Uji Aktivitas Antibakteri pada <i>Laminar Air Flow</i></p>	<p>Zona Hambat Kontrol Positif I</p>

	
<p>Zona Hambat Kontrol Positif II</p>	<p>Zona Hambat Kontrol Positif III</p>
<p>Kontrol (-) S.aureus</p> 	<p>20 menit</p> 
<p>Zona Hambat Kontrol Negatif</p>	<p>Zona Hambat 20 menit I</p>
<p>20 menit</p> 	
<p>Zona Hambat 20 menit II</p>	<p>Zona Hambat 20 menit III</p>
	<p>30 menit</p> 
<p>Zona Hambat 30 menit I</p>	<p>Zona Hambat 30 menit II</p>

	
<p>Zona Hambat 30 menit III</p>	<p>Zona Hambat 40 menit I A</p>
	
<p>Zona Hambat 40 menit I B</p>	<p>Zona Hambat 40 menit II A</p>
	
<p>Zona Hambat 40 menit II B</p>	<p>Zona Hambat 40 menit III A</p>
	
<p>Zona Hambat 40 menit III B</p>	<p>Zona Hambat 50 menit I A</p>

	
Zona Hambat 50 menit I B	Zona Hambat 50 menit II A
	
Zona Hambat 50 menit II B	Zona Hambat 50 menit III A
	
Zona Hambat 50 menit III B	Zona Hambat 60 menit (0,075 %)
	
Zona Hambat 60 menit (0,1 %)	Zona Hambat 60 menit (0,125 %)

	
Zona Hambat 60 menit (0,15 %)	Zona Hambat 60 menit (0,175 %)
	
Zona Hambat 60 menit (0,2 %)	Uji Fitokimia Triterpenoid dan Steroid menit 40
	
Uji Fitokimia Flavonoid menit 40	Uji Fitokimia Saponin menit 40
	
Uji Fitokimia Tanin menit 40	