

**UJI AKTIVITAS ANTIOKSIDAN DAN PENGHAMBATAN ENZIM
KOLAGENASE OLEH SENYAWA NANOPARTIKEL PERAK
MENGUNAKAN ALGA COKLAT
*Fucus vesiculosus***

SKRIPSI

Oleh :

ANNISA EKA RAHMAWATY

NIM. 17620086



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

2021

**UJI AKTIVITAS ANTIOKSIDAN DAN PENGHAMBATAN ENZIM
KOLAGENASE OLEH SENYAWA NANOPARTIKEL PERAK
MENGUNAKAN ALGA COKLAT
*Fucus vesiculosus***

SKRIPSI

Oleh :

ANNISA EKA RAHMAWATY

NIM. 17620086

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 BIOLOGI

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM

MALANG

2021

**UJI AKTIVITAS ANTIOKSIDAN DAN PENGHAMBATAN ENZIM
KOLAGENASE OLEH SENYAWA NANOPARTIKEL ALGA COKLAT
*Fucus vesiculosus***

SKRIPSI

Oleh :

ANNISA EKA RAHMAWATY

NIM. 17620086

telah diperiksa dan disetujui untuk diuji

tanggal : 28 September 2021

Pembimbing I



Dr. Evika Sandi Savitri, M.P
NIP. 19741018 200312 2 002

Pembimbing II



Dr. M. Mukhlis Fahrudin, M.S.I
NIPT. 201402011409

Mengetahui,

Ketua Program Studi Biologi



Dr. Evika Sandi Savitri, M.P
NIP. 19741018 200312 2 002

**UJI AKTIVITAS ANTIOKSIDAN DAN PENGHAMBATAN ENZIM
KOLAGENASE OLEH SENYAWA NANOPARTIKEL ALGA COKLAT
*Fucus vesiculosus***

SKRIPSI

Oleh :

ANNISA EKA RAHMAWATY

NIM. 17620086

Telah Dipertahankan

di Depan Dewan Penguji Skripsi dan Dinyatakan Diterima sebagai

Salah Satu Persyaratan untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si.)

Tanggal : 28 September 2021

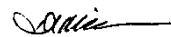
Penguji Utama : Prof. Dr. drh. Bayyinatul Muchtaromah, M.Si
NIP. 197109192000032001



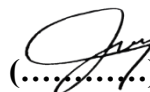
Anggota Penguji I : Dr. Evika Sandi Savitri, M.P
NIP. 19741018 200312 2 002



Anggota Penguji II : Dr. Eko Budi Minarno, M.Pd
NIP. 19630114 199903 1 001



Anggota Penguji III : Dr.M. Mukhlis Fahrudin, M.S.I
NIPT. 201402011409



Mengesahkan,

Ketua Program Studi Biologi



Dr. Evika Sandi Savitri, M.P
NIP. 19741018 200312 2 002

HALAMAN PERSEMBAHAN

Skripsi ini dipersembahkan untuk orang-orang yang telah mendukung penulis untuk menyusun skripsi ini, khususnya :

1. Ayah dan Ibu tercinta, Bapak Sucipto dan Ibu Suherni yang telah merawat, mendidik, dan mendoakan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
2. Bapak Mujahidin Ahmad, M.Sc selaku dosen wali yang telah membimbing dan memberikan motivasi dari awal hingga akhir studi.
3. Dr. Evika Sandi Savitri, M.P selaku dosen pembimbing skripsi yang telah banyak meluangkan waktu, tenaga, serta ilmu untuk memberikan bimbingan kepada penulis dengan penuh kesabaran sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan baik.
4. Bapak M. Mukhlis Fahrudin, M.S.I selaku dosen pembimbing agama yang telah banyak memberikan bimbingan terkait integrasi Sains dan Islam.
5. Teman-teman seperjuangan Alga Squad (Efendi, Alkaif, Lutfi, Okta, dan Arum).
6. Teman-teman seperjuangan dari awal hingga akhir studi Indhana dan Mbak Riani yang selalu memberikan motivasi untuk menyelesaikan skripsi.

MOTTO HIDUP

“ Jangan berkecil hati jika jawaban doamu tidak segera datang. Pelajarilah, renungkan, dan tetap berdoa, memiliki iman yang tulus, dan menjalankan perintah-perintah-Nya.”

(Joseph B. Wirthlin)

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Annisa Eka Rahmawaty
NIM : 17620086
Program Studi : Biologi
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Penelitian : Uji Aktivitas Antioksidan Dan Penghambatan Enzim
Kolagenase Oleh Senyawa Nanopartikel Perak Menggunakan
Alga Coklat *Fucus vesiculosus*

menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar 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 dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi akademik maupun hukum atas perbuatan tersebut.

Malang, 14 September 2021
Yang membuat pernyataan,



Annisa Eka Rahmawaty
NIM. 17620086

PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI

Skripsi ini tidak dipublikasikan namun terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada penulis. Daftar Pustaka diperkenankan untuk dicatat, tetapi pengutipan hanya dapat dilakukan seizin penulis dan harus disertai kebiasaan ilmiah untuk menyebutkannya.

**Uji Aktivitas Antioksidan Dan Penghambatan Enzim Kolagenase Oleh Senyawa
Nanopartikel Perak Menggunakan Alga Coklat *Fucus vesiculosus***

Annisa Eka Rahmawaty, Evika Sandi Savitri, M.Mukhlis Fahrudin

Progran Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana
Malik Ibrahim Malang

ABSTRAK

Fucus vesiculosus merupakan spesies alga coklat yang mengandung pigmen fukosantin dan senyawa bioaktif lainnya seperti florotanin, fukoidan, sterol dan astaxanthin. Dalam bentuk senyawa nanopartikel, diduga memiliki aktivitas antioksidan tinggi dan penghambatan terhadap enzim kolagenase, sehingga dapat berperan dalam mencegah penuaan dini pada kulit. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui aktivitas antioksidan dan penghambatan enzim kolagenase oleh senyawa nanopartikel alga *F.vesiculosus* serta korelasi antara keduanya. Alga coklat dari spesies *F.vesiculosus* dilakukan pengujian aktivitas antioksidan menggunakan metode DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) dan asam askorbat sebagai kontrol positif. Selanjutnya pembacaan absorbansi dengan panjang gelombang 517 nm. Pengujian aktivitas penghambatan enzim kolagenase menggunakan metode substrat kolagen dan asam askorbat sebagai pembanding. Pembacaan absorbansi dengan panjang gelombang 578 nm. Nilai IC_{50} dianalisis menggunakan regresi linier. Korelasi aktivitas antioksidan dengan penghambatan enzim kolagenase dilakukan dengan uji korelasi product moment dari Karl Pearson. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ukuran AgNPs 113.3 nm. Aktivitas antioksidan AgNPs *F.vesiculosus* menghasilkan nilai IC_{50} 24.23 ± 3.55 mg/L, lebih baik daripada ekstrak 47.45 ± 3.16 mg/L. Aktivitas penghambatan enzim kolagenase AgNPs menghasilkan nilai IC_{50} 66.74 ± 6.352 mg/L, lebih baik daripada ekstrak 145.1 ± 6.326 mg/L. Adapun nilai korelasi antara aktivitas antioksidan dan penghambatan enzim kolagenase AgNPs *F.vesiculosus* menunjukkan nilai $r = 0,7286$, hal ini menunjukkan bahwa korelasi yang dihasilkan kuat. Singkatnya, aktivitas antioksidan dan penghambatan enzim kolagenase AgNPs *F.vesiculosus* memiliki korelasi sehingga berpotensi sebagai antiaging.

Kata kunci : *antioksidan, fucus vesiculosus, kolagenase, nanopartikel, ros*

Antioxidant Activity and Inhibition of Collagenase Enzyme in Silver Nanoparticle Compounds of Brown Algae *Fucus vesiculosus*

Annisa Eka Rahmawaty, Evika Sandi Savitri, M. Mukhlis Fahrudin

Biology Program Study, Faculty of Science and Technology, The State Islamic University of Maulana Malik Ibrahim Malang

ABSTRACT

Fucus vesiculosus is a species of brown algae that contains the pigment fucoxanthin and other bioactive compounds such as phlorotannin, fucoidan, sterol and astaxanthin. In the form of nanoparticle compounds, it is suspected to have high antioxidant activity and inhibition of the collagenase enzyme, so it can play a role in preventing premature aging of the skin. This study aims to determine the antioxidant activity and inhibition of the collagenase enzyme by AgNPs *F. vesiculosus* and the correlation between the two. Brown algae from the species *F. vesiculosus* was tested for antioxidant activity using DPPH method and ascorbic acid as positive control., Absorbance readings with a wavelength of 517 nm. The inhibitory activity of the collagenase enzyme using the collagen substrate method and ascorbic acid as a comparison. Absorbance reading with a wavelength of 578 nm. IC₅₀ values were analyzed using linear regression. Correlation of antioxidant activity with inhibition of the collagenase enzyme using the product moment correlation from Karl Pearson. The results showed that the size of AgNPs was 113.3 nm. Antioxidant activity of AgNPs *F.vesiculosus* resulted in an IC₅₀ value of 24.23 ± 3.55 mg/L, better than the extract of 47.45 ± 3.16 mg/L. The inhibitory activity of the collagenase AgNPs resulted in an IC₅₀ value of 66,74 ± 6.352 mg/L, better than the extract of 145,1 ± 6.326 mg/L. The correlation value between antioxidant activity and inhibition of the collagenase enzyme AgNPs showed a value of $r = 0.7286$, this indicates that the resulting correlation is strong. In summary, the antioxidant activity and inhibition of the collagenase enzyme AgNPs *F. vesiculosus* have a correlation so that it has potential as an antiaging.

Key words : *antioxidant, fucus vesiculosus, collagenase, nanoparticles, ros*

مجمّل

رحموة ي. أنسى الك. 2021. اختبار نشاط مضادات الأكسدة وتثبيط إنزيم الكولاجيناز بواسطة مركب الجسيمات النانوية الطحالب البنية *Fucus vesiculosus* برنامج دراسة الأحياء ، كلية العلوم والتكنولوجيا ، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج

المشرف الأول : دكتوراه ايفيك سندی سفتري ماجيستير ، المشرف الثاني : دكتوراه محمد مخلص فهددين ماجيستير

كلمات الأساسية: مضادات الأكسدة ، فوكوس حويصلي ، كولاجيناز ، جزيئات نانوية ، ROS

Fucus vesiculosus هو نوع من الطحالب البنية التي توجد عادة في المناطق الساحلية شبه الاستوائية في أوروبا. تحتوي هذه الطحالب على مركبات عالية من مضادات الأكسدة ، لذلك فهي قادرة على درء الجذور الحرة التي تحفزها الأشعة فوق البنفسجية لمنع الأكسدة ، والتي من بينها شيخوخة الجلد. تهدف هذه الدراسة إلى تحديد نشاط مضادات الأكسدة وتثبيط إنزيم الكولاجيناز بمركبات الجسيمات النانوية الطحلبية *F.vesiculosus* والعلاقة بين الاثنين. اختبار مضادات الأكسدة بالطريقة-1.1 DPPH (diphenyl-2-picrylhydrazyl) وحمض الأسكوربيك كعنصر تحكم إيجابي. علاوة على ذلك ، قراءات الامتصاصية بطول موجي 517 نانومتر. اختبار النشاط التثبيطي لإنزيم الكولاجيناز باستخدام طريقة ركيزة الكولاجين وحمض الأسكوربيك للمقارنة. قراءة الامتصاصية بطول موجي 578 نانومتر. نتيجة IC₅₀ تحليلها باستخدام الانحدار الخطي. تحليل الارتباط باستخدام تحليل ارتباط *Pearson*. أظهرت النتائج أن حجم AgNPs كان 113.3 نانومتر. النشاط المضاد للأكسدة *AgNPs F.vesiculosus* أسفرت عن قيمة IC₅₀ 3.55 ± 24.23 مجم / لتر ، أفضل من مستخلص 47.45 ± 3.16 مجم / لتر. نتج عن النشاط المثبط لإنزيم الكولاجيناز *AgNPs* قيمة IC₅₀ تبلغ 66.74 ± 6.352 ملجم / لتر ، أفضل من مستخلص 145.1 ± 6.326 ملجم / لتر. قيمة الارتباط بين نشاط مضادات الأكسدة وتثبيط إنزيم الكولاجيناز *AgNPs F.vesiculosus* يوضح قيمة $r = 0.7286$ ، وهذا يشير إلى أن الارتباط الناتج قوي. باختصار ، نشاط مضادات الأكسدة وتثبيط إنزيم الكولاجيناز *AgNPs F.vesiculosus* له علاقة بحيث يكون لديه القدرة على مكافحة الشيخوخة.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Bismillahirrohmaanirrohim, segala puji bagi Allah Tuhan semesta alam karena atas berkat dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini yang berjudul “Uji Aktivitas Antioksidan Dan Penghambatan Enzim Kolagenase Oleh Senyawa Nanopartikel Perak Menggunakan Alga Coklat *Fucus vesiculosus*”. Tidak lupa pula shalawat dan salam disampaikan kepada junjungan Nabi besar Muhammad SAW. yang telah menegakkan diinul Islam yang terpatri hingga akhirul zaman.

Aamiin.

Berkat bimbingan dan dorongan dari berbagai pihak maka penulis mengucapkan terima kasih yang tak terkira khususnya kepada :

1. Prof. Dr. H. Muhammad Zainuddin, M.A selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Sri Hariani, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Evika Sandi Savitri, M.P. selaku Ketua Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Dr. Evika Sandi Savitri, M.P. dan M. Mukhlis Fahrudin, M.S.I selaku pembimbing I dan pembimbing II, yang telah membimbing penulis dengan penuh kesabaran dan keihklasan dalam meluangkan waktu untuk membimbing penulis sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan.

5. Mujahidin Ahmad, M.Sc. selaku Dosen wali, yang telah membimbing dan memberikan masukan sehingga penulis dapat menyelesaikan studi dengan baik.
6. Seluruh dosen dan laboran di Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang setia menemani penulis dalam melakukan penelitian di laboratorium tersebut.
7. Ayah dan Ibuku dan keluarga tercinta yang telah memberikan Doa, dukungan serta motivasi kepada penulis.
8. Teman-teman seperjuangan Wolves Biologi 2017, BIO C 2017, dan teman-teman seperjuangan di Laboratorium Fisiologi Tumbuhan.

Semoga amal baik yang telah diberikan kepada penulis mendapat balasan dari Allah SWT. Skripsi ini sudah ditulis secara cermat dan sebaik-baiknya, namun apabila ada kekurangan, saran dan kritik yang membangun sangat penulis harapkan.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Malang, 14 September 2021

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
MOTTO	v
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN.....	vi
PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI.....	vii
ABSTRAK.....	viii
ABSTRACT	ix
مجمّل.....	x
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I.PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	8
1.3 Tujuan Penelitian	8
1.4 Hipotesis	9
1.5 Manfaat Penelitian	9
1.6 Batasan Masalah	9
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Tinjauan Alga dalam Perspektif Al-Qur'an	11
2.2 Deskripsi Makroalga.....	16
2.3 Alga Coklat (<i>Fucus vesiculosus</i>)	18
2.3.1 Morfologi <i>Fucus vesiculosus</i>	18
2.3.2 Habitat, Persebaran, dan Klasifikasi <i>Fucus vesiculosus</i>	20
2.3.3 Kandungan <i>Fucus vesiculosus</i>	21

2.4 Senyawa Antioksidan.....	22
2.5 Penuaan kulit.....	25
2.6 Nanopartikel.....	30
BAB III. METODE PENELITIAN	
3.1 Jenis Penelitian.....	33
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian.....	33
3.3 Alat dan Bahan.....	33
3.3.1 Alat	33
3.3.2 Bahan.....	34
3.4 Prosedur Penelitian	34
3.4.1 Ekstraksi Alga Coklat <i>Fucus vesiculosus</i>	34
3.4.2 Sintesis Nanopartikel Perak (Ag NPs)	34
3.4.3 Uji Aktivitas Antioksidan.....	35
3.4.4 Uji Penghambatan Enzim Kolagenase	37
3.5 Analisis Data.....	38
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Kemampuan Ekstrak <i>Fucus vesiculosus</i> Sebagai Bioreduktor Nanopartikel Perak	40
4.2 Aktivitas Antioksidan	44
4.3 Aktivitas Penghambatan Enzim Kolagenase	48
4.4 Korelasi Aktivitas Antioksidan dan Penghambatan Enzim Kolagenase	
Senyawa Nanopartikel Perak Alga <i>Fucus vesiculosus</i>	51
BAB V. PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	53
5.2 Saran	53
DAFTAR PUSTAKA	55
LAMPIRAN	63

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
3.1 Penggolongan tingkat penghambatan aktivitas antioksidan berdasarkan nilai IC_{50}	36
3.2 Penggolongan tingkat penghambatan enzim kolagenase berdasarkan nilai IC_{50}	37
4.1 Ringkasan Data Pengukuran PSA (<i>Particle Size Analyzer</i>)	42
4.2 Hasil aktivitas antioksidan nanopartikel, ekstrak <i>Fucus vesiculosus</i> , dan asam askorbat	45
4.3 Hasil aktivitas penghambatan enzim kolagenase nanopartikel, ekstrak <i>Fucus vesiculosus</i> , dan asam askorbat	48

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Morfologi <i>Fucus vesiculosus</i>	19
2.2 <i>Fucus vesiculosus</i>	20
2.3 Skema mekanisme pembentukan ROS dan pengaruhnya pada penuaan kulit ekstrinsik	29
4.1 Histogram distribusi ukuran AgNPs <i>Fucus vesiculosus</i>	40
4.2 Hasil rata-rata diameter partikel AgNPs <i>Fucus vesiculosus</i>	40
4.3 Analisis potensi zeta	41
4.4 Korelasi antara aktivitas antioksidan dan penghambatan enzim kolagenase nanopartikel perak alga <i>Fucus vesiculosus</i>	51

DAFTAR LAMPIRAN

1. Foto Kegiatan	63
2. Uji Aktivitas Antioksidan	71
3. Uji Penghambatan Enzim Kolagenase	72
4. Perhitungan	73

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Keanekaragaman hayati di bumi seperti tumbuhan merupakan salah satu makhluk hidup ciptaan Allah swt. Tumbuhan yang hidup di darat maupun air memiliki banyak manfaat dalam kehidupan manusia. Salah satunya yaitu alga yang berhabitat di laut memiliki beragam manfaat yaitu sebagai sediaan makanan, obat-obatan, kosmetik, dan lain sebagainya. Sebagaimana terdapat dalam firman Allah dalam Q.S. Syu'ara ayat 7 yang berbunyi :

أَوَلَمْ يَرَوْا إِلَى الْأَرْضِ كَمْ أَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ زَوْجٍ كَرِيمٍ

Artinya :

“ Dan apakah mereka tidak melihat ke bumi, berapa banyak Kami telah menumbuhkan disana dari setiap pasang yang tumbuh subur lagi bermanfaat ?”.

Lafadz *awalam yara ila al-ardh* menjelaskan bahwa Allah swt mengajak manusia untuk mengarahkan pandangannya seluas mungkin yaitu melihat bumi dan seisinya, seperti tumbuh-tumbuhan dan kandungan aktif di dalamnya, serta aneka tanah. Dalam firman di atas dijelaskan pula tumbuhan yang saling berpasang-pasangan pada lafadz *zauj*, yang berarti tidak hanya manusia dan hewan saja yang berpasang-pasangan melainkan tumbuhan juga memiliki pasangan guna pertumbuhan dan perkembangannya. Lafadz *karim* berarti baik, menggambarkan bahwa tumbuhan yang baik ialah tumbuhan yang subur dan bermanfaat (Shihab, 2002).

Ayat di atas dapat diketahui bahwa telah terbukti Allah Maha Kuasa atas ciptaan-Nya yaitu bumi yang luas dan disana ditumbuhkan berbagai macam tumbuhan yang saling berpasang-pasangan lagi subur dan bermanfaat. Ditegaskan pula kepada manusia untuk memiliki pandangan secara luas mengenai ciptaan Allah SWT yang terdapat di bumi ini, seperti halnya spesies alga dalam sistem klasifikasi lama tergolong dalam tumbuhan. Namun, seiring perkembangan ilmu pengetahuan alga dikeluarkan dari golongan tumbuhan dan termasuk dalam kingdom protista. Tentunya, spesies alga juga memiliki beraneka ragam jenis dan memiliki kandungan senyawa aktif yang berbeda-beda. Sudah selayaknya kita sebagai manusia yang memiliki pengetahuan menggali senyawa aktif pada alga yang memiliki banyak manfaat, khususnya untuk kesehatan kulit.

Telah dibuktikan bahwa sumber alami yang diisolasi dari laut menunjukkan aktivitas senyawa biologi yang lebih tinggi dibandingkan dengan sumber alami dari teresterial. Lautan memiliki luas mencakup 70% dari permukaan bumi sehingga di dalamnya terdapat keanekaragaman makhluk hidup yang tinggi, salah satunya yaitu alga. Alga mampu tumbuh lebih cepat dibandingkan tumbuhan teresterial dan memiliki banyak manfaat untuk kesehatan kulit (Kim *et.al*, 2018). Seperti halnya spesies alga *Fucus vesiculosus* banyak ditemukan pada daerah subtropis yaitu di sebelah utara laut Baltik, pantai Bothnian Swedia, dan timur laut pantai Bothnian (Rinne *et. al*, 2018).

Alga *Fucus vesiculosus* merupakan jenis alga coklat yang mengandung pigmen fukosantin, klorofil a dan c, xantofil serta α karoten, sehingga memberikan warna coklat pada alga (Paraeng dkk., 2016). *Fucus vesiculosus* memiliki kandungan polifenol yaitu senyawa antioksidan yang berperan sebagai agen pereduksi dan donor hidrogen (Truus *et. al*, 2004). Senyawa aktif lain seperti fukoidan yang sangat

melimpah khususnya pada *Fucus vesiculosus* dapat bertindak sebagai antioksidan untuk menangkal ROS dan menginduksi aktivitas pertahanan antioksidan endogen termasuk katalase (CAT), superoksida dismutase (SOD), glutathione transferase, dan glukosa-6-fosfat dehidrogenase (Corsetto *et.al*, 2020).

Berdasarkan bukti dari penelitian sebelumnya menurut Thiagarasaiyar *et. al* (2020) alga coklat salah satunya yaitu *Fucus vesiculosus* memiliki beberapa kandungan aktif seperti florotanin yang memiliki beberapa aktivitas seperti anti melanogenik dan antikanker. Fukosantin yaitu senyawa karotenoid yang memiliki aktivitas anti aging dan antioksidan. Astaxanthin merupakan karotenoid yang mampu melindungi sel dari fotooksidasi dan dianggap sebagai antioksidan yang kuat. Beberapa kandungan bioaktif pada alga *F. vesiculosus* tersebut menunjukkan potensi yang paling besar dalam industri kosmetik terkemuka di Eropa seperti Unilever, L'Oreal, Henkel, dan Beiersdorf. Sejumlah kosmetik yang berbahan dasar alga tersebut telah dipasarkan dalam bentuk pelembab, tabir surya, dan serum anti aging.

Seiring bertambahnya usia sudah tentu manusia mengalami proses penuaan. Salah satunya yaitu penuaan kulit terdiri dari dua kategori diantaranya penuaan intrinsik dan penuaan ekstrinsik. Penuaan kulit intrinsik ialah proses fisiologis yang tidak dapat dihindari dan mengakibatkan kerusakan lapisan dermal, penipisan kulit, kulit kering, dan kerutan halus. Sementara penuaan ekstrinsik disebabkan oleh faktor eksternal seperti polusi udara, merokok, gizi buruk, dan paparan sinar matahari. Hal ini mengakibatkan kerutan kasar, hilangnya kelembaban kulit, dan berkurangnya elastisitas kulit. Namun, radiasi UV merupakan faktor utama penuaan ekstrinsik. Radiasi UV dapat memicu produksi spesies oksigen reaktif (ROS), sehingga ROS mampu

mengaktivasi protein aktivator 1 (AP-1) yang berperan dalam aktivasi metalloproteinase (MMP) (Zhang & Duan, 2018).

Metalloproteinase (MMP) adalah proteinase yang bertanggung jawab untuk mendegradasi protein matriks ekstraseluler (ECM) yang membentuk jaringan ikat pada kulit. Radiasi sinar UVA dan UVB menginduksi pembentukan ROS yang berpotensi untuk mengaktifkan sel neutrofil dan menyebabkan penurunan elastin. Di dalam kondisi ini, neutrofil dapat masuk ke kulit sehingga dapat mengeluarkan neutrofil elastase dan mengaktifkan MMP. Selanjutnya, MMP-2 dan MMP-9 menurunkan kolagen dan serat elastis yang menyebabkan hilangnya elastisitas kulit, pembentukan kerutan, dan percepatan penuaan kulit. MMP mendegradasi sel matriks ekstraseluler dan menyebabkan degradasi kulit yang ditandai dengan kulit keriput (Nurrochmad *et. al*, 2018).

Kulit tersusun atas beberapa jenis sel epidermis, salah satunya yaitu keratinosit. Sel keratinosit meliputi 85 – 95% termasuk sel penyusun terbanyak dalam lapisan epidermis. Sebagaimana lapisan terluar dari kulit, keratinosit memiliki peran penting dalam pertahanan utama terhadap stress fisik seperti paparan sinar UV (Kalangi, 2013). Penuaan kulit juga dapat disebabkan oleh hilangnya kelembaban kulit, dimana asam hialuronat (HA) berperan penting. Molekul glikosaminoglikan memiliki polaritas yang tinggi, sehingga mampu mempertahankan molekul air, menjaga hidrasi kulit, meregenerasi kulit, dan memproteksi dari degradasi fisik seperti sinar UV. Paparan sinar UV merupakan promotor kuat ROS yang mampu memicu beberapa jalur metabolisme yang mengarah pada ekspresi berlebih dari produksi enzim elastase, kolagenase, dan hialuronidase. Ketiga enzim tersebut mampu mendegradasi elastin,

kolagen, dan asam hialuronat yang mengakibatkan kulit keriput, kulit menipis, dan kendur (Freitas *et. al*, 2020).

Kolagenase merupakan enzim metalloproteinase yang mampu membelah molekul lain yang ditemukan di dalam sel seperti kolagenase-2 atau MMP-8 yang mampu memecah elastin, fibronectin, gelatin, laminin, dan kolagen (Thring *et.al*, 2009). Degradasi dari protein matriks ekstraseluler seperti kolagen, elastin, dan fibronectin dapat meningkatkan enzim proteolitik seperti kolagenase dan elastase. Hal tersebut merupakan karakteristik utama pada penuaan kulit. Penghambatan aktivitas enzim kolagenase dapat menggunakan senyawa alami dari tumbuhan seperti senyawa polifenol yang merupakan senyawa antioksidan (Yenny & Suryani, 2020). Senyawa antioksidan diketahui berperan penting untuk menetralkan radikal bebas yang menyebabkan karsinogenik dan penuaan. Pada masa ini antioksidan sintetik umumnya telah banyak digunakan dan dapat menyebabkan karsinogenik maupun penyakit hati, maka dari itu dapat diganti dengan memanfaatkan antioksidan alami yang diketahui lebih efektif (Mardiyah dkk., 2014).

Pada penelitian ini alga coklat *Fucus vesiculosus* digunakan sebagai antioksidan dan penghambat enzim kolagenase yang dapat dimanfaatkan untuk kosmetik. Mengacu pada penelitian Thring *et.al* (2009) ekstrak *Fucus vesiculosus* memiliki aktivitas penghambatan enzim kolagenase sebesar 25% berdasarkan hasil rata-rata penghambatan enzim kolagenase dari beberapa ekstrak tumbuhan teresterial. Ditambahkan pula pada penelitian Sami dkk. (2019) menyatakan bahwa aktivitas antioksidan pada *Phaeopyceae* lebih tinggi dibandingkan dengan *Rhodophyceae* dan *Chlorophyceae* sehingga efektif digunakan sebagai proteksi terhadap radiasi UV. Senyawa yang dapat menetralkan radikal bebas ialah antioksidan. Senyawa tersebut

memiliki mekanisme untuk tidak mengganggu metabolisme tubuh yaitu dengan mendonorkan satu elektron pada senyawa radikal bebas (Rahmi, 2017). Pada tubuh manusia memiliki sistem proteksi di dalamnya melalui proses metabolisme sel normal untuk menetralkan radikal bebas. Akibat faktor ekstrinsik seperti radiasi UV, polusi lingkungan dan, stres dapat meningkatkan radikal bebas, sehingga tubuh memerlukan tambahan antioksidan dari luar tubuh. Antioksidan alami lebih efektif untuk bahan terapi sebab dapat memproteksi tubuh dari serangan radikal bebas dan menurunkan spesies oksigen reaktif yang mengakibatkan penyakit kronik (Wahdaningsih dkk., 2011).

Aktivitas antioksidan dapat diuji menggunakan DPPH (*1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl*). DPPH ialah suatu radikal bebas yang bereaksi dengan senyawa antioksidan dengan donor hidrogen. Metode ini menyebabkan perubahan warna dari ungu menjadi kuning pucat pada larutan DPPH (Sari dkk., 2015). Perubahan warna tersebut berarti antioksidan dapat bereaksi dengan larutan DPPH yang mendonorkan atom hidrogen untuk menstabilkan radikal bebas. Kelebihan uji DPPH yaitu sensitif terhadap pengujian aktivitas antioksidan dan dapat dikerjakan dengan cepat serta mudah (Bahriul dkk., 2014). Uji penghambatan enzim kolagenase mengacu pada penelitian Geeta *et.al* (2019) menggunakan enzim standar dari enzim *Clostridium histolyticum*. Dilanjutkan untuk menguji korelasi aktivitas antioksidan dan penghambatan enzim kolagenase menggunakan korelasi Pearson. Korelasi tersebut bertujuan untuk mengetahui korelasi positif antara aktivitas antioksidan dan penghambatan enzim kolagenase. Sebagaimana pada penelitian Geeta *et.al* (2019) kandungan fenolik epicatechin pada tumbuhan kedelai (*Glycine max*) memiliki aktivitas antioksidan dengan nilai $IC_{50} = 14.39 \mu\text{g/ml}$ dan aktivitas penghambatan enzim kolagenase

menunjukkan nilai $IC_{50} = 79.08$. Berdasarkan hasil tersebut menunjukkan bahwa kedua aktivitas memiliki korelasi yang linear, artinya semakin tinggi aktivitas antioksidan maka aktivitas penghambatan enzim kolagenase juga semakin tinggi.

Penggunaan senyawa antioksidan dan penghambat enzim kolagenase dari alga coklat *Fucus vesiculosus* dengan nanopartikel, merupakan pendekatan yang efektif dalam penggunaan kosmetik bahan alami layaknya alga. Seperti menurut Ahdyani dkk. (2020) ukuran nanopartikel berkisar antara 10-1000 nm. Kemampuan suatu senyawa tergantung pada sistem penghantaran kepada sisi aktif dengan melepas senyawa aktif. Pendekatan sistem penghantaran berdasar nanopartikel merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk penghantaran kosmetik herbal. Keuntungan sistem nanopartikel ini ialah mampu menembusi lapisan kulit yang lebih dalam karena ukuran partikelnya, memberikan perlindungan terhadap sinar UV yang lebih baik, efek yang tahan lama, dan dapat meningkatkan warna kosmetik serta kualitas akhir. Sintesis nanopartikel dalam penelitian ini menggunakan metode *green synthesis* perak $AgNO_3$. Metode tersebut digunakan karena perak tidak beracun dan aman digunakan selama berabad-abad serta mampu membunuh beberapa penyakit yang disebabkan oleh mikroorganisme (Mathur *et.al*, 2014). Kelebihan dari metode tersebut menurut Sari dkk. (2016) yaitu lebih aman bagi kesehatan, ramah lingkungan, dan tidak beracun. Selanjutnya senyawa nanopartikel tersebut dalam penelitian ini diaplikasikan sebagai suplemen topikal sebagaimana menurut Montenegro (2014) suplementasi topikal dengan antioksidan merupakan strategi yang dapat meningkatkan kapasitas antioksidan kulit untuk mengurangi ROS yang mengakibatkan kerusakan kulit.

Maka penelitian yang berjudul “Uji Aktivitas Antioksidan dan Penghambatan Enzim Kolagenase oleh Senyawa Nanopartikel Alga Coklat *Fucus vesiculosus*” ini

penting untuk dilakukan dengan metode *green synthesis* pada pembuatan nanopartikel perak. Sebagaimana diketahui bahwa belum pernah dilaporkan dari penelitian sebelumnya tentang sintesis nanopartikel perak pada alga coklat *Fucus vesiculosus* dengan metode *green synthesis*. Diharapkan senyawa nanopartikel alga *Fucus vesiculosus* memiliki aktivitas antioksidan dan mampu menghambat enzim kolagenase yang menyebabkan penuaan kulit.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini yaitu :

1. Apakah ekstrak alga coklat *Fucus vesiculosus* mampu menjadi bioreduktor nanopartikel perak ?
2. Bagaimana aktivitas antioksidan oleh senyawa nanopartikel alga coklat *Fucus vesiculosus* ?
3. Bagaimana aktivitas penghambatan enzim kolagenase oleh senyawa nanopartikel alga coklat *Fucus vesiculosus* ?
4. Apakah terdapat korelasi aktivitas antioksidan dengan penghambatan enzim kolagenase oleh senyawa nanopartikel alga coklat *Fucus vesiculosus* ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu :

1. Menguji kemampuan ekstrak alga coklat *Fucus vesiculosus* menjadi bioreduktor nanopartikel perak.
2. Menguji aktivitas antioksidan oleh senyawa nanopartikel alga coklat *Fucus vesiculosus*.
3. Menguji aktivitas penghambatan enzim kolagenase oleh senyawa nanopartikel alga coklat *Fucus vesiculosus*.

4. Menguji korelasi aktivitas antioksidan dengan penghambatan enzim kolagenase oleh senyawa nanopartikel alga coklat *Fucus vesiculosus*.

1.4 Hipotesis

Hipotesis pada penelitian ini adalah :

1. Ekstrak alga coklat *Fucus vesiculosus* mampu menjadi bioreduktor nanopartikel perak.
2. Senyawa nanopartikel alga coklat *Fucus vesiculosus* memiliki aktivitas antioksidan yang mampu menghambat penuaan kulit.
3. Senyawa nanopartikel alga coklat *Fucus vesiculosus* memiliki aktivitas penghambatan enzim kolagenase yang menyebabkan penuaan kulit.
4. Terdapat korelasi aktivitas antioksidan dengan penghambatan enzim kolagenase oleh senyawa nanopartikel alga coklat *Fucus vesiculosus*.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini yaitu :

1. Memberikan informasi ilmiah kepada peneliti, mahasiswa, dan masyarakat mengenai senyawa antioksidan yang tinggi pada alga coklat *Fucus vesiculosus* yang berperan dalam penghambatan enzim kolagenase yang menyebabkan penuaan kulit.
2. Sebagai dasar pengembangan riset kosmetik topikal pada spesies alga *Fucus vesiculosus*.

1.6 Batasan Masalah

1. Sampel yang digunakan adalah alga coklat *Fucus vesiculosus* dari Laut Baltik Eropa.

2. Sintesis nanopartikel dilakukan menggunakan metode *green synthesis* nanopartikel perak.
3. Parameter yang digunakan untuk menguji aktivitas antioksidan dengan metode DPPH (1,1-difenil-2-pikrilhidrazil) dan aktivitas penghambatan enzim kolagenase menggunakan substrat *bovine collagen*.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Alga dalam Perspektif Al-Qur'an

Alga atau yang biasa disebut rumput laut merupakan salah satu organisme laut yang kaya akan kandungan beberapa senyawa aktif dan ditemukan hampir di seluruh perairan Indonesia. Alga dalam pemanfaatannya sebagai bahan pangan maupun bahan kesehatan memiliki kandungan seperti karbohidrat, mineral, lemak, asam amino, dan vitamin. Selain itu, dapat juga digunakan sebagai penstabil emulsi, formulasi gel, kosmetik, dan industri farmasi pada kandungan metabolit primer seperti alginat, agar, dan karagenan. Adapun metabolit sekunder seperti klorofil, alkaloid, xantofil, terpenoid, vitamin, polifenol, dan karotenoid yang merupakan metabolit sekunder pada rumput laut. Beberapa senyawa aktif tersebut dapat dimanfaatkan sebagai antioksidan, antikanker, dan antikoagulan (Amaranggana & Wathoni, 2017). Oleh karena itu alga sangat bermanfaat dalam kehidupan manusia khususnya dalam bidang kosmetik, sebagaimana firman Allah dalam surah An-Nahl ayat 11 :

يُنَبِّتُ لَكُمْ بِهِ الزَّرْعَ وَالزَّيْتُونَ وَالنَّخِيلَ وَالْأَعْنَابَ وَمِنْ كُلِّ النَّمْرُوتِ ۚ إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَةً لِّقَوْمٍ يَتَفَكَّرُونَ

Artinya : *“Dengan (air hujan) itu Dia menumbuhkan untuk kamu tanam-tanaman, zaitun, kurma, anggur, dan segala macam buah-buahan. Sungguh, pada yang demikian itu benar-benar terdapat tanda kebesaran Allah bagi orang yang berpikir.”*

Firman Allah swt di atas menurut tafsir At-Thabari yaitu Allah swt. telah menumbuhkan beberapa tanaman dan buah-buahan dengan air yang diturunkan dari langit sebagai rezeki, sumber makanan pokok, lauk pauk, dan buah-buahan. Hal tersebut

merupakan nikmat dan karunia dari Allah swt dan peringatan bagi kaum-kaum yang kufur. Beberapa tumbuhan yang telah diturunkanNya di dalamnya terdapat petunjuk yang jelas bagi kaum yang mau mengambil pelajaran dan memikirkan hujjah-hujjahNya, sehingga mereka akan mengingat dan kembali kepada Allah swt.

Berdasarkan ayat di atas dapat diketahui betapa besar kuasa Allah swt jika kita menyadarinya. Semua yang diciptakan olehNya tidak ada yang sia-sia, semua memiliki manfaat untuk kebutuhan manusia. Pigmen warna yang terkandung dalam tumbuh-tumbuhan sebagai bahan yang dibutuhkan dalam proses fotosintesis, dalam proses fotosintesis tersebut akan menghasilkan karbohidrat yang terkandung dalam berbagai macam buah-buahan maupun tumbuhan laut seperti alga. Seperti yang telah dijelaskan dalam Al-Qur'an agar manusia memikirkan dan mengambil pelajaran karuniaNya dengan sebaik-baiknya. Ayat tersebut juga menjelaskan kepada kita bahwa kekayaan sumber daya yang ada di laut dapat dijadikan sebagai sumber makanan untuk manusia dan bahan kosmetik.

Akhir-akhir ini, banyak bermunculan penyakit yang disebabkan oleh faktor internal seperti genetik, usia, gaya hidup, pola makan maupun faktor eksternal seperti radiasi sinar matahari. Salah satunya yaitu pengkerutan kulit yang utamanya disebabkan oleh radiasi UV. Faktor radiasi UV mampu mempercepat penuaan kulit dengan indikator kekencangan kulit dan kelembaban pada kulit berkurang, sehingga kulit menjadi kasar, kendur, dan keriput. Sudah sepatutnya kita sebagai manusia mewujudkan bentuk rasa syukur kepada Allah swt untuk menjaga kesehatan kulit yang merupakan nikmat yang telah diberikanNya. Sebagaimana firman Allah swt dalam surah Az-Zuriyat ayat 20 - 21 :

وَفِي الْأَرْضِ آيَاتٌ لِّلْمُؤْمِنِينَ ﴿٦٦﴾ وَفِي أَنفُسِكُمْ ۖ أَفَلَا تُبْصِرُونَ ﴿٦٧﴾

Artinya : “ *Dan di bumi terdapat tanda-tanda kebesaran Allah bagi orang-orang yang yakin, dan juga pada dirimu sendiri. Maka apakah kamu tidak memperhatikan?*”.

Menurut tafsir Buya Hamka, dengan meluaskan pandangan sampai seantero bumi dan berdasarkan rasa yakin bahwa di bumi ini terdapat tanda dimana-mana bahwa Allah itu ada. Bumi penuh dengan bukti-bukti yang nyata dan menakjubkan yaitu di dalam bumi mengandung logam yang mahal seperti emas dan perak, serta logam berat seperti besi. Kemudian terdapat pula pepohonan yang kayunya dapat digunakan untuk kebutuhan sehari-hari sampai industri transportasi. Setelah manusia mampu merenungi bumi dan seisinya, maka manusia akan kembali merenungkan dirinya, dari mana asalnya, dan kemana perginya. Sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa kita hidup di dunia ini tidaklah kosong dan tanpa tujuan, melainkan ada Maha Pengatur yang menguasai seluruh alam, langit, dan bumi.

Meninjau dari tafsir di atas dapat diketahui bahwa bumi seisinya menunjukkan bukti kebesaran serta kekuasaan Allah yang dibuktikan dengan berbagai komponen yang ada di bumi dan dapat dimanfaatkan oleh manusia dalam kehidupannya. Adapun dari rasa yakin kepada Allah swt. dan ciptaanNya membuat manusia akan kembali merenungi dirinya seperti terdapatnya perubahan fisik seiring bertambahnya usia. Indikator penuaan mencakup seluruh organ tubuh beserta fungsinya. Salah satunya yaitu kulit manusia akan menjadi kendur dan keriput karena berkurangnya kekencangan pada jaringan ikat kolagen dan elastin serta berkurangnya kelembaban pada kulit. Sehingga sebagai bentuk syukur kepada Allah kita patut menjaga dan merawat kulit untuk memperlambat proses penuaan.

Tentunya untuk menjaga dan merawat kesehatan kulit diperlukan suatu komponen yang mampu menangkal radikal bebas akibat radiasi sinar UV yang dapat menyebabkan kerusakan pada kulit yaitu senyawa antioksidan. Sebagaimana perkembangan zaman saat ini, banyak manusia yang mulai beralih dari produk obat sintesis menjadi produk obat herbal. Pada berbagai tumbuhan memiliki kandungan aktif alami seperti antioksidan yang dapat menangkal berbagai penyakit dan tidak menimbulkan efek samping, sehingga kandungan antioksidan alami dapat meningkatkan kualitas kesehatan manusia saat ini. Seperti dalam firman Allah pada surah Al- An'am ayat 99 :

وَهُوَ الَّذِي أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجْنَا بِهِ نَبَاتَ كُلِّ شَيْءٍ فَأَخْرَجْنَا مِنْهُ خَضِرًا نُخْرِجُ مِنْهُ حَبًّا
مُتَرَكَبًا وَمِنَ النَّخْلِ مِنْ طَلْعِهَا قِنْوَانٌ دَانِيَةٌ وَجَنَّاتٍ مِّنْ أَعْنَابٍ وَالزَّيْتُونَ وَالرُّمَّانَ مُشْتَبِهًا وَغَيْرَ مُتَشَبِهٍ
انظُرُوا إِلَى ثَمَرِهِ إِذَا أَثْمَرَ وَيَنْعِهِ إِنَّ فِي ذَٰلِكُمْ لَآيَاتٍ لِّقَوْمٍ يُؤْمِنُونَ

Artinya : “ Dan Dialah yang menurunkan air dari langit, lalu Kami tumbuhkan dengan air itu segala macam tumbuh-tumbuhan, maka Kami keluarkan dari tumbuh-tumbuhan itu tanaman yang menghijau, Kami keluarkan dari tanaman yang menghijau itu butir yang banyak dan dari mayang kurma, mengurai tangkai-tangkai yang menjulai, dan kebun-kebun anggur, dan (Kami keluarkan pula) zaitun dan delima yang serupa dan yang tidak serupa. Perhatikanlah buahnya pada waktu berbuah dan menjadi masak. Sungguh pada yang demikian itu tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi orang-orang yang beriman”.

Berdasarkan tafsir At-Thabari pada lafadz yang artinya “lalu Kami tumbuhkan dengan air itu segala macam tumbuh-tumbuhan” yang berarti dengan air dari langit telah ditumbuhkan bermacam-macam tumbuhan salah satunya yaitu alga. Seiring

perkembangan ilmu pengetahuan spesies alga telah dikeluarkan dari kelompok tumbuhan dan tergolong dalam kingdom Protista. Dalam hal ini menunjukkan bahwa tidak ada kesalahan dalam firman Allah swt. mengenai alga tergolong dalam kelompok tumbuhan ataupun bukan kelompok tumbuhan. Sehingga, alga dapat disejajarkan sebagai tumbuhan. Dalam ayat tersebut juga dijelaskan bahwa telah dikeluarkan suatu hal yang bermanfaat salah satunya makanan bagi makhluk hidup seperti binatang-binatang liar, burung, dan rezeki bagi manusia. Makhluk-makhluk hidup tersebut memakannya untuk pertumbuhan dan perkembangannya. Dalam lafadz فَأَخْرَجْنَا مِنْهُ خَضِرًا menjelaskan tumbuhan hijau yang segar seperti sayuran. Adapun lafadz نُخْرِجُ مِنْهُ حَبًّا maksudnya adalah dalam tangkai seperti tangkai gandum, padi, dan lainnya yang memiliki bulir yang sangat menumpuk. Lafadz وَمِنْ النَّخْلِ مِنْ طَلْعِهَا قِنْوَانٌ دَانِيَةٌ yang berarti tangkai-tangkai atau tandan yang bergantung. Selanjutnya pada lafadz وَجَنَّاتٍ مِنْ أَعْنَابٍ وَالزَّيْتُونِ وَالرُّمَّانِ مُشْتَبِهًا وَغَيْرَ مُتَشَابِهٍ menyatakan bahwa telah ditumbuhkan kebun-kebun anggur, zaitun dan delima yang serupa dan tidak serupa yaitu serupa daunnya dengan buah yang sama.

Lafadz انظُرُوا إِلَى ثَمَرِهِ إِذَا أَثْمَرَ وَيَنْعِهِ menjelaskan bahwa terdapat macam-macam harta penciptaan tumbuh-tumbuhan yang telah matang yaitu tumbuhan yang telah disebutkan pada ayat sebelumnya. Adapun lafadz إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَاتٍ لِّقَوْمٍ يُؤْمِنُونَ yang menyatakan bahwa Allah swt secara khusus menuturkan pada orang-orang yang beriman akan hal tersebut agar mereka dapat mengambil manfaat dari tumbuh-tumbuhan tersebut dan mengambil pelajaran sehingga dapat membedakan mana yang hak dan mana yang batil. Sebagaimana hal tersebut menjelaskan bahwa tumbuh-tumbuhan dapat menghasilkan rezeki bagi manusia yaitu buah-buahan maupun bulir

yang bermanfaat bagi kesehatan manusia, terutama kandungan aktifnya seperti senyawa yang mampu menangkal radikal bebas yaitu senyawa antioksidan.

2.2 Deskripsi Makroalga

Indonesia memiliki lautan yang luas dan tentunya terdapat sumberdaya hayati yang melimpah sehingga disebut sebagai negara maritim. Salah satu sumberdaya hayati laut seperti rumput laut memiliki nilai ekonomis yang tinggi dan merupakan potensi yang sangat besar sehingga, dapat dikembangkan lebih meluas. Hal tersebut memberikan peluang besar untuk eksplorasi senyawa aktif seperti antioksidan. Senyawa aktif tersebut seperti alkaloid, terpenoid, tannin, dan saponin yang merupakan senyawa metabolit sekunder. Alga laut bermanfaat sebagai antioksidan, anti bakteri, anti kanker, antiperadangan, meningkatkan imun tubuh, mencegah penuaan dini, dan menjaga kehalusan kulit (Soamole dkk., 2018).

Alga ialah tumbuhan yang tidak memiliki perbedaan pada susunan kerangka seperti akar, batang, dan daun maka berdasarkan hal tersebut alga termasuk dalam tumbuhan tingkat rendah. Sebenarnya alga hanya berupa talus, walaupun terlihat seperti terdapat perbedaan. Karakteristik morfologi tubuh alga memiliki tiga bagian yaitu *blade* (bagian tubuh yang menyerupai daun pipih dan biasanya lebar), *stipe* (bagian tubuh yang menyerupai batang lentur berfungsi untuk menahan goncangan ombak), *holdfast* (bagian tubuh yang menyerupai akar dan berfungsi untuk melekat pada substrat). Secara umum makroalga terdiri dari 3 divisi yaitu *Phaeophyceae* (alga coklat), *Rhodophyta* (alga merah), dan *Chlorophyta* (alga hijau) (Meriam dkk., 2016).

Alga banyak ditemukan di perairan seperti laut, sungai, dan laguna, mendiami zona eufotik (kedalaman 200 m) yaitu wilayah perairan yang masih terjangkau oleh

sinar matahari untuk keperluan fotosintesis. Biasanya alga melayang di air, menempel pada bebatuan atau dinding, dan berasosiasi dengan organisme lain. Karena beragamnya kandungan pada alga telah digunakan secara luas sebagai sumber senyawa penting untuk nutrisi, industri kosmetik, dan farmasi. Makroalga dapat menghasilkan metabolit sekunder diantaranya pigmen, senyawa fenolik, sterol, vitamin, dan agen bioaktif lainnya yang dilakukan di bawah kondisi stres yang berbeda, seperti paparan radiasi UV, salinitas, perubahan suhu, atau racun lingkungan (Pereira, 2018).

Pada umumnya habitat makroalga terdapat di zona pasang surut hingga pada kedalaman yang masih dapat ditembus oleh sinar matahari. Alga dapat ditemukan pada daerah yang cukup dalam, serta memiliki bentuk membran dan filament yang sangat halus. Berdasarkan kedalaman habitatnya alga dapat dikelompokkan menjadi beberapa, yaitu pada perairan dangkal didominasi oleh alga hijau, kemudian diikuti oleh alga coklat. Sedangkan alga merah sering ditemukan pada perairan yang lebih dalam (Kepel dkk., 2018).

Spesies alga memiliki klorofil yang terdiri dari satu atau banyak sel dan berkoloni sehingga rumput laut termasuk dalam kelompok tumbuhan. Spesies tumbuhan tersebut memiliki beberapa kandungan bahan organik seperti mineral, polisakarida, hormon, vitamin, dan senyawa bioaktif. Beberapa spesies rumput laut juga memiliki senyawa metabolit guna pertumbuhan organisme yaitu senyawa metabolit non-esensial atau senyawa metabolit sekunder. Senyawa tersebut juga berfungsi sebagai alat proteksi tubuh alga pada kondisi lingkungan yang stres atau kurang menguntungkan. Beberapa kandungan metabolit sekunder ini jika diisolasi memiliki aktivitas antioksidan (Istifada & Saptarini, 2018).

Ganggang laut atau alga sama seperti semua tanaman yaitu melakukan fotosintesis dengan terkena kombinasi cahaya dan konsentrasi oksigen tinggi, yang mengarah pada pembentukan radikal bebas dan zat pengoksidasi kuat lainnya. Senyawa ini memiliki potensi dalam mendegradasi struktur maupun fungsi sel. Tidak terdapatnya kerusakan pada ganggang laut, hal itu menunjukkan spesies tersebut memiliki mekanisme perlindungan antioksidatif dan senyawa antioksidan yang tinggi (Agatonovic & Morton, 2013).

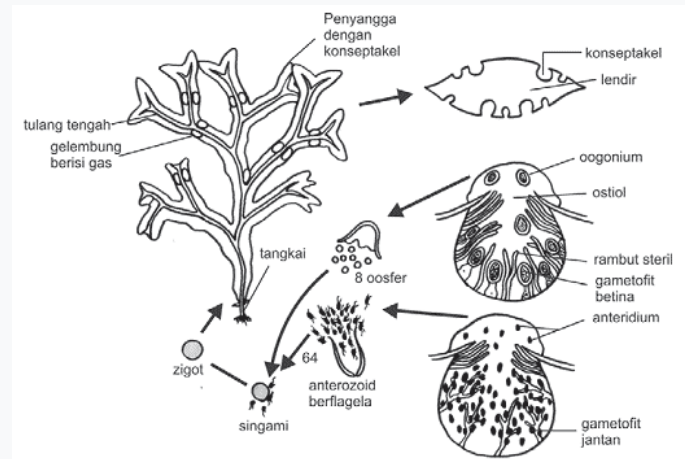
Pada zaman kuno, ganggang laut atau alga digunakan sebagai obat untuk mengobati penyakit yang berhubungan dengan kulit seperti dermatitis atopik dan penyakit yang berhubungan dengan MMP. Selain itu, alga kaya akan astaxanthin merupakan senyawa karotenoid yang melindungi sel dari fotooksidasi. Senyawa tersebut juga berperan penting dalam menangkal radikal bebas pada tubuh manusia dan dianggap sebagai antioksidan yang kuat (Thiyagarasaiyar *et.al*, 2020). Beberapa metabolit dan pigmen pada alga memiliki aktivitas sebagai antiaging, antioksidan, dan neuroprotektif sehingga cocok untuk digunakan dalam kosmetik (Berthon *et.al*, 2017).

2.3 Alga Coklat (*Fucus vesiculosus*)

2.3.1 Morfologi *Fucus vesiculosus*

Fucus termasuk genus alga coklat yang melimpah dan tersebar luas yang terdiri dari 66 spesies. Genus ini menempati daerah perairan beriklim dingin dari daerah litoral dan sublitoral di sepanjang garis pantai berbatu belahan bumi utara. Dicitrakan dengan talus berwarna coklat kehijauan, struktur yang terdiri dari pegagan, tangkai kecil, bercabang dikotomis dengan ujung membengkak selama musim reproduksi. Bagian tangkainya memiliki bagian tengah yang menebal disebut pelepah. *Fucus vesiculosus* adalah spesies yang terkenal dari genus *Fucus*, dan mendominasi komunitas

makroalga. Spesies tersebut tumbuh di perairan zona pasang tengah dan salinitas tinggi (Catarino *et.al*, 2018).



Gambar 2.1 Morfologi *Fucus vesiculosus*

(Sumber : Sulastry, 2021)

Karakteristik *Fucus vesiculosus* berdasarkan taksa yaitu terdapat *holdfast*, habitat menempel dan tumbuh tegak, bentuk talus pipih dan terkadang spiral, terdapat gelembung atau kantong udara yang berfungsi untuk menopang cabang-cabang talus yang terapung guna mendapat intensitas cahaya matahari (Pakidi & Suwoyo, 2017), memiliki pelepah yang bercabang dikotomi dengan ujung membengkak, terdapat kriptostomata pada permukaan datar, dan reproduksi seksual dioceus (Mathieson *et.al*, 2006). Reproduksi seksual dilakukan dengan pelepasan gamet pada *F.vesiculosus* ke air laut dalam kondisi tenang, dan pembuahan sel telur secara eksternal untuk menghasilkan zigot (White, 2008). Reproduksi aseksual pada populasi di Laut Baltik dilakukan dengan pelepasan cabang adventif pada talus dan menempel kembali ke dasar laut dengan membentuk rhizoid (Tatarenkov *et.al*, 2005; Ardehed *et.al*, 2016).



Gambar 2.2 *Fucus vesiculosus*

(Sumber : Weiss, 2017)

2.3.2 Habitat, Persebaran, dan Klasifikasi *Fucus vesiculosus*

Lingkungan laut dengan faktor ekologi zona pasang surut sampai zona perairan yang lebih dalam membentuk komunitas alga coklat, terutama ordo Fucales dengan salah satu spesiesnya yaitu *Fucus vesiculosus* (Creis *et.al*, 2015). *Fucus vesiculosus* adalah makroalga yang umumnya berhabitat di pantai Kepulauan Inggris (Hardy & Guiry, 2003). Adapun daerah persebarannya adalah pantai Atlantik di Eropa, Rusia Utara, Greenland, Azores, Kepulauan Canary, Laut Baltik, Maroko dan Madeira (Guiry & Guiry, 2007; Nygard & Dring, 2008). Ditemukan pula di pantai Atlantik Amerika Utara dari Pulau Ellesmere, Teluk Hudson sampai Carolina Utara (Taylor, 1957). Menurut Kolesova *et.al* (2014) *Fucus vesiculosus* berhabitat di dasar laut bebatuan pesisir Laut Baltik. Distribusinya di bagian utara Laut Baltik yang dibatasi oleh salinitas, yaitu berada di Teluk Finlandia dan Bothania. Selain itu, berada di perairan Pantai Estonia di timur Laut Baltik. Klasifikasi dari *Fucus vesiculosus* menurut Asih dkk. (2019) yaitu :

Kingdom : Chromista

Divisio : Phaeophyta

Classis : Phaeophyceae

Ordo : Fucales

Familia : Fucaceae

Genus : Fucus

Spesies : *Fucus vesiculosus* L.

2.3.3 Kandungan *Fucus vesiculosus*

Genus *Fucus* merupakan primadona sumber senyawa bioaktif seperti fukoidan, florotanin, dan fukosantin yang terbukti memiliki sifat terapeutik termasuk pengobatan selulit, pembekuan darah, asma, aterosklerosis, penyakit kulit, kanker, kondisi oksidatif, dan inflamasi. *Fucus* memiliki potensi fungsional atau bahan aktif yang sangat diminati pada industri kosmetik, farmasi, dan industri makanan (Catarino *et.al*, 2018). Kandungan polisakarida sulfat atau fucans pada *Fucus vesiculosus* merupakan molekul yang sebagian besar terdiri dari gugus fukosa dan sulfat, mungkin mengandung sejumlah kecil gula termasuk galaktosa, xilosa, dan glukosa. Beberapa penelitian telah menunjukkan potensinya sebagai menetralkan radikal bebas dan antioksidan untuk pencegahan kerusakan oksidatif pada organisme hidup (M. Rodriguez *et.al*, 2014).

Ekstrak fukoidan dari *Fucus vesiculosus* meningkatkan proliferasi fibroblast pada lapisan kulit dan pengendapan kolagen. Selain itu, juga dapat menghambat MMP yang memodulasi kerusakan jaringan ikat dengan meningkatkan tingkat asosiasi MMP dengan jaringan spesifiknya. Sehingga ekstrak *Fucus vesiculosus* berpotensi dalam

berbagai variasi kosmetik karena khasiatnya untuk mengencangkan kulit, anti kendur, dan menghaluskan keriput (Agatonovic & Morton, 2013).

Fucus vesiculosus mengandung sejumlah senyawa aktif seperti florotanin, polisakarida tersulfasi, pigmen karotenoid seperti fukosantin, astasantin, sterol, katekin, dan asam amino seperti mikrosporin. Senyawa florotanin merupakan senyawa metabolit sekunder yang dominan dan hanya ditemukan pada alga coklat (*Phaeophyta*) yang mengandung aktivitas antioksidan sangat tinggi (Wang *et. al*, 2012). Sebagaimana menurut Sedjati dkk. (2017) bahwa ekstrak *Fucus vesiculosus* mengandung fukoidan sebanyak 58,6%, polifenol 33,7%, karbohidrat netral 43,7%, sulfat 10,1%, dan kation 3% yang berpotensi untuk mengurangi tanda-tanda penuaan seperti noda-noda hitam, dapat melembabkan dan melembutkan kulit, serta meningkatkan kecerahan kulit.

2.4 Senyawa Antioksidan

Antioksidan didefinisikan sebagai senyawa yang mampu menghambat proses oksidasi yaitu dengan mengirimkan satu elektron kepada senyawa radikal dan dapat menghambat proses oksidasi. Senyawa radikal bebas memiliki elektron yang tidak berpasangan sehingga cenderung untuk menyerap elektron di sekitarnya. Senyawa antioksidan dapat diperoleh secara alami yaitu dengan proses ekstraksi bahan alam, tentunya dalam jumlah yang terbatas (Febrianto dkk., 2019). Senyawa antioksidan adalah suatu zat kimia yang jika diamati pada konsentrasi relatif rendah di dalam tubuh dapat mengurangi atau mencegah oksidasi substrat. Antioksidan termasuk fitokimia yang terkandung dalam produk alami. Bahan alami diketahui lebih mudah diserap oleh lapisan kulit, sehingga dapat mengurangi alergi pada kulit. Polifenol termasuk salah satu antioksidan yang kuat seperti asam askorbat, vitamin E, β -karoten dan selenium. Dalam studi epidemiologi, polifenol menunjukkan berbagai efek biologis seperti antibakteri,

antivirus, anti radikal, anti alergi, anti penuaan, melindungi dari spesies oksigen reaktif (ROS), dan mengurangi radikal α -tokoferil (Wahab *et.al*, 2014).

Senyawa antioksidan dikelompokkan menjadi dua berdasarkan peranannya, diantaranya yaitu antioksidan primer dan antioksidan sekunder. Antioksidan primer berperan sebagai antioksidan utama yang mendonorkan atom hidrogen dengan cepat kepada senyawa radikal bebas lemak. Dengan demikian senyawa ini jika digunakan dapat mencegah pembentukan radikal baru dan proses autooksidasi akan terhambat. Antioksidan sekunder atau biasa disebut antioksidan non enzimatis (eksogenus) berperan dalam sistem pertahanan preventif. Senyawa ini mampu mengkelat dan mendeaktifasi logam prooksidan, pengkelatan logam tersebut terjadi dalam sistem cairan di luar sel (Podungge *et.al*, 2018).

Antioksidan juga dikategorikan menjadi dua macam berdasarkan sumber asalnya yaitu antioksidan endogen dan eksogen. Antioksidan endogen merupakan senyawa antioksidan yang dihasilkan dari dalam tubuh dan merupakan enzim yang berperan sebagai kunci untuk mencegah kerusakan oksidatif dan mereduksi kandungan oksidan. Hemeoksigenase merupakan molekul antioksidan endogen yang diinduksi oleh stres oksidatif dan menghilangkan heme (oksidan) sekaligus dapat menghasilkan antioksidan seperti bilirubin O_2 dan prooksidan seperti zat besi. Antioksidan endogen ini meningkat ketika telah terpapar oksidan. Adapun antioksidan eksogen berperan sebagai proteksi tambahan terhadap senyawa radikal bebas yang terbentuk berlebihan dalam tubuh (Sayuti & Yenrina, 2015). Sumber senyawa antioksidan eksogen dapat diperoleh dalam berbagai makanan seperti biji-bijian, sayur-sayuran, dan daging. Vitamin E atau tokoferol merupakan salah satu antioksidan yang mampu menghambat peroksidasi lipid

yang diinduksikan oleh radiasi UV sehingga berpotensi sebagai anti penuaan (Haerani dkk, 2018).

Saat ini banyak penelitian yang dilakukan untuk mencegah penuaan kulit. Pemanfaatan senyawa antioksidan merupakan salah satu upaya untuk mengatasi penuaan kulit, karena antioksidan dapat menangkal efek berbahaya yang ditimbulkan oleh radikal bebas. Sebagai tambahannya senyawa antioksidan mampu menghambat degradasi enzim matriks ekstraseluler seperti kolagenase, elastase, dan hyaluronidase yang diketahui berperan penting dalam mencegah penuaan kulit (Liana *et.al*, 2019). Sebagaimana menurut Dipahayu dkk. (2014) bentuk perawatan sekunder untuk mencegah penuaan kulit yaitu dengan menggunakan produk yang mengandung antioksidan seperti polifenol. Senyawa antioksidan ini digunakan untuk mencegah timbulnya penuaan kulit dan bukan *gold standart* dalam terapi penuaan kulit.

Bahkan, menurut Yenny & Suryani (2020) salah satu fitokimia terkenal yang memberikan fungsi terapi perawatan kulit adalah polifenol. Senyawa polifenol secara alami mengandung fitokimia cincin fenol yang terkonjugasi sebagai struktur molekul umum sebagai mikronutrien yang penting. Selama 20 tahun terakhir beberapa penelitian menyatakan bahwa pola konsumsi kaya polifenol akan memberikan efek perlindungan terhadap berbagai penyakit dan penuaan. Secara *in vitro*, polifenol memiliki aktivitas antioksidan, antikolagenase, dan antielastase.

Dalam menentukan aktivitas antioksidan digunakan suatu metode yaitu metode DPPH. Diantara kelebihan pada metode DPPH yaitu sederhana, cepat, peka, jumlah sampel yang digunakan kecil, dan mudah dalam penerapannya yang berarti senyawa radikal DPPH bersifat relatif stabil dibanding metode lain. Prinsip dari metode DPPH

ialah terdapatnya donasi H^+ dari sampel kepada radikal DPPH menjadi senyawa non radikal yang ditunjukkan dengan perubahan warna dari ungu menjadi kuning. Perubahan warna tersebut berbanding lurus dengan aktivitas antioksidan dalam meredam radikal bebas (Rahmawati dkk., 2016).

2.5 Penuaan kulit

Suatu proses biologis kompleks yang dipengaruhi oleh faktor endogen seperti genetik, metabolisme sel, hormon, dan proses metabolisme merupakan proses penuaan kulit. Proses biologis tersebut dipengaruhi juga oleh faktor eksogen seperti paparan sinar matahari, polusi, radiasi, bahan kimia, dan racun. Beberapa faktor tersebut secara bersama-sama dapat merubah struktur, fisiologis, dan progresif di setiap lapisan kulit serta perubahan penampakan kulit. Terutama terdapat pada area kulit yang terpapar sinar matahari atau fotoaging dapat ditunjukkan dengan ciri-ciri penebalan lapisan kulit epidermis, terdapat bintik-bintik hitam, kerutan, kendur, kusam dan kasar. Selain itu, senyawa glikosaminoglikan (GAG) yang merupakan salah satu konstituen matriks kulit utama yang membantu mengikat air di kulit tidak dapat berfungsi secara efektif ketika kulit terkena fotoaging. Hilangnya struktur fibrillin positif serta berkurangnya kolagen tipe VII (Col-7, dapat menyebabkan keriput dan melemahkan ikatan antara dermis dan epidermis kulit yang menua secara ekstrinsik (Ganceviciene *et.al*, 2012).

Proses penuaan juga dapat dilihat sebagai akumulasi perubahan dalam sel dan jaringan yang disebabkan oleh ketidakaturan dari mekanisme pengaturan dalam mengurangi ketahanan organisme terhadap stress dan penyakit. Perihal ketidakaturan dalam penuaan digambarkan dengan erosi yang tidak teratur dalam regulasi umpan balik neuroendokrin dari sekresi *luteinizing hormone* (LH), *follicle stimulating hormone* (FSH), *adrenocorticotrophic hormone* (ACTH) dan *growth hormone* (GH) yang

menyebabkan menopause, andropause, adrenopause, dan somatopause. Selain itu, fotoaging dapat mempercepat pemendekan telomer yang menyebabkan sel menjadi lebih cepat tua (Mohiuddin, 2019).

Radikal bebas atau dapat disebut dengan spesies oksigen reaktif (ROS) dapat berasal dari dua sumber yaitu dari dalam tubuh (endogen) dan luar tubuh (eksogen). Secara endogen, ROS terbentuk dari peristiwa biokimia di dalam tubuh yaitu berupa sisa dari proses metabolisme karbohidrat, protein, dan lemak pada mitokondria. Sedangkan secara eksogen, ROS berasal dari polutan, radiasi sinar UV, berbagai macam bahan tambahan makanan dan minuman, asap rokok, ozon, dan pestisida (Sayuti & Yenrina, 2015).

Faktor spesies oksigen reaktif (ROS) yang dihasilkan di dalam sel (endogen) dapat mempengaruhi penuaan. Normalnya, antioksidan endogen seperti katalase (CAT), superoksida dismutase (SOD), *glutathione reduktase* (GR), dan *glutathione peroxidase* (GPx) dapat menghilangkan ROS. Namun, ketika ROS mengalami peningkatan di dalam tubuh maka akan mendegradasi sel dan dapat mempengaruhi penuaan pada kulit. Kulit dapat memproduksi enzim seperti elastase dan kolagenase saat kondisi normal. Dalam kondisi terpapar sinar UV yang berlebih dapat menginduksi ROS yang akan mempercepat proses aktivasi enzim elastase dan kolagenase. Serat kolagen pada kulit, bersama-sama dengan serat elastis, membentuk jaringan dermis. Protein matriks jaringan ikat utama, seperti kolagen, elastin, proteoglikan, dan keratin akibat adanya aktivasi dari enzim elastase maka akan memicu terjadinya pengkerutan pada kulit (Nur dkk., 2017).

Matriks ekstraseluler (ECM) terdiri dari proteoglikan terjalin dengan matriks metaloproteinase (MMP) termasuk kolagen, elastin, dan fibronectin. Kolagen adalah protein yang paling banyak ditemukan di ECM dan memainkan peran penting sebagai pembentukan jaringan ikat, untuk memastikan perkembangan dan morfogenesis lingkungan seluler yang kondusif. Elastase mampu memecah elastin, kolagen, dan fibronectin, bersama dengan protein ECM lainnya. Paparan ultraviolet (UV) dikaitkan dengan denaturasi kolagen dan elastase di lapisan dermis yang akhirnya mengarah pada pembentukan keriput dan fotoaging pada kulit. Radiasi UV yang berlebihan menyebabkan modifikasi fisik pada kulit melalui jalur kompleks yang menghasilkan pembentukan spesies oksigen reaktif (ROS) dan sekresi elastase dan MMPs (Vijayakumar *et.al*, 2017).

Sepertiga protein pada tubuh manusia dibentuk oleh kolagen. Namun, jika terjadi degradasi maka akan menjadi masalah. Kolagenase beserta MMP-13 dan MMP-18 dapat mendegradasi empat jenis kolagen yaitu kolagen I, II, III, dan IV (Alipour *et.al*, 2016). Serat kolagen dan serat elastis membentuk tiga jaringan dibawah jaringan epidermis. Serat kolagen bertanggung jawab atas penyusunan kulit yaitu memberikan kekakuan pada kulit sedangkan serat elastis memberikan kelembutan dan elastis (Phasanosophon & Kim, 2018).

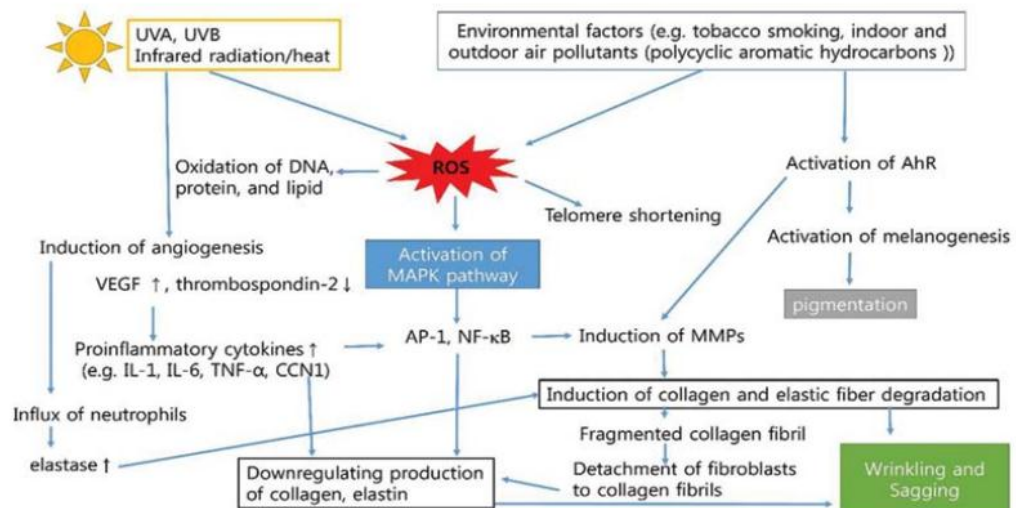
Kolagen merupakan komponen struktural utama pada lapisan dermis dan protein yang ditemukan paling melimpah pada manusia. Kolagen bertanggung jawab dalam memberikan ketegangan dan penyokong kulit manusia. Saat kondisi kulit kering, 70% massa kulit terdiri dari kolagen. Pada kulit yang menua, kolagen ditandai dengan serat yang menebal dan diatur dalam bundel seperti tali yang tersusun berantakan jika dibandingkan dengan kulit yang lebih muda. Pada kulit muda komposisi kolagen I

terdiri 80% dan kolagen III terdiri sekitar 15% , sedangkan pada kulit tua komposisi kolagen III cenderung meningkat karena hilangnya kolagen I. Selain itu, kandungan kolagen per satuan luas kulit mengalami penurunan sejumlah 1% per tahunnya. Namun, ketika terpapar sinar UV kadar kolagen I berkurang sebesar 59% tergantung dengan kerusakan akibat sinar UV. Meskipun kolagen I ditemukan paling melimpah di kulit, namun terdapat pula konstituen lain yang berperan kunci dalam menjaga stabilitas mekanik yaitu kolagen IV. Paparan sinar UV mampu meningkatkan enzim pengurai kolagen yang dikenal dengan matriks metaloproteinase (MMP). MMP diaktifkan oleh AP-1 (*Activator protein- 1*) yaitu menstimulasi produksi kolagenase, gelatinase, dan stromelysin. Matriks ekstraseluler tersebut dapat mendegradasi kolagen dan dalam jangka panjang produksi kolagen menjadi tidak teratur dan menggumpal sehingga akan mereduksi kolagen I (Baumann, 2007).

Glikosaminoglikan (GAG) merupakan jenis polisakarida yang melimpah dan komponen organik utama pada matriks ekstraseluler. GAG terdiri asam hialuronat (HA), heparin sulfat (HS), kondroitin sulfat, dan dermatan sulfat. Asam hialuronat (HA) terdapat pada epidermis dan lapisan kulit berperan dalam kelembaban kulit. Tanda-tanda penuaan kulit adalah munculnya bintik-bintik hitam, kerutan, penurunan elastisitas dan kekencangan, penipisan matriks kulit dan peradangan. Protein pada kulit terdegradasi oleh enzim elastase, kolagenase, dan hialuronidase. Dalam hal ini, jumlah spesies oksigen reaktif meningkat di dalam tubuh sehingga dapat meningkatkan enzim yang menstimulasi penuaan kulit (Falcao *et.al*, 2020).

Strategi memperlambat gejala penuaan kulit dapat dilakukan antara lain, (i) penghambatan enzim degradatif, kolagenase, dan elastase, (ii) stimulasi keratin, glycoaminoglycans (GAGs), dan sintesis kolagen I dan III, (iii) menginduksi sintesis

asam hialuronat, dan (iv) penghambatan enzim matriks metalloproteinase (MMP). Namun, perawatan lain untuk mengurangi gejala penuaan kulit termasuk pengurangan kerutan, peningkatan hidrasi kulit, dan penambahan kolagen (Alparslan *et.al*, 2018).



Gambar 2.3 Skema mekanisme pembentukan ROS dan pengaruhnya pada penuaan kulit ekstrinsik (Sumber : Oktarina, 2017)

Terbentuknya spesies oksigen reaktif (ROS) berdasarkan (Gambar 2.3) adalah radiasi dari sinar UV akan menyebabkan produksi ROS, sehingga akan memicu reseptor dan menginisiasi sinyal MAPK yang akan mengaktifkan AP-1 dan memberikan respon yaitu induksi MMPs yang akan mendegradasi kolagen dan serat elastis serta respon lainnya yaitu menurunkan produksi kolagen maupun elastin. Spesies oksigen reaktif juga akan mengoksidasi DNA, protein, lipid, serta pemendekan telomer. Oksidasi DNA dapat memicu peningkatan elastase yang memicu degradasi kolagen dan serat elastis, sehingga dari serangkaian mekanisme di atas akan menyebabkan kulit keriput dan kendur. Selain paparan UV, faktor ekstrinsik lain seperti merokok dan polusi udara dapat memicu pengaktifan melanogenesis dan menyebabkan pigmentasi.

2.6 Nanopartikel

Formulasi suatu partikel yang terdispersi pada ukuran nanometer atau skala per seribu mikron ialah nanopartikel. Nanopartikel telah disebutkan pada beberapa sumber bahwa senyawa tersebut akan menunjukkan sifat khasnya pada ukuran diameter di bawah 100 nm, namun hal ini sulit dicapai dalam sistem penghantaran obat pada sistem nanopartikel. Meskipun demikian secara umum tetap disepakati bahwa nanopartikel merupakan partikel yang memiliki ukuran di bawah 1 mikron (Martien dkk., 2012). Nanopartikel merupakan senyawa dengan kisaran ukuran 10-1000 nm (Ahdyani dkk., 2020). Ukuran nanopartikel memiliki karakteristik yang lebih baik pada ukuran dibawah 500 nm (Ningsih dkk., 2017).

Sistem nanopartikel memiliki beberapa kelebihan diantaranya kemampuan untuk menembus dinding sel yang lebih tinggi, baik secara difusi maupun opsonifikasi, kemampuan untuk menembus ruang-ruang antar sel yang hanya dapat ditembus oleh ukuran partikel koloidal, dapat meningkatkan afinitas dari sistem karena peningkatan luas permukaan kontak pada jumlah yang sama, dan fleksibel untuk dikombinasi dengan berbagai teknologi lain (Martien dkk., 2012). Ukuran nanopartikel dapat diketahui dengan karakterisasi AgNPs menggunakan *Particle Size Analyzer* (PSA) untuk menguji distribusi ukuran partikel dalam nanometer (Nuraeni dkk., 2013).

Pendekatan yang dapat digunakan dalam penghantaran kosmetik herbal untuk saat ini adalah sistem penghantaran berbasis nanopartikel. Desain nanopartikel yang digunakan sebagai sistem penghantaran obat memiliki tujuan diantaranya mengatur ukuran dan sifat permukaan partikel, spesifikasi bahan aktif saat dilepaskan untuk mencapai sisi aktif, melindungi kerusakan obat, dan mengurangi toksisitas dan efek samping. Adapun beberapa keuntungan sistem nanopartikel dalam menghantarkan

senyawa aktif yaitu mampu memanipulasi karakteristik ukuran dan permukaan nanopartikel untuk mencapai sisi aktif maupun pasif dari bahan obat, selama transportasi dan lokalisasi pada sisi aktif target dapat mengatur pelepasan obat, mengurangi efek samping dan meningkatkan efikasi terapeutik obat, mudah mendegradasi partikel dengan pemilihan matriks dan memodifikasi karakteristik pelepasan terkontrol, dapat menginkorporasikan muatan bahan aktif yang relatif tinggi tanpa menimbulkan reaksi kimia yang berbahaya, dengan menyisipkan ligan pada permukaan partikel dapat mencapai target aktif yang spesifik, dapat digunakan untuk rute pemberian seperti oral, nasal, parental, topikal, transdermal, dan intraokuler (Ahdyani dkk., 2020).

Metode sintesis nanopartikel perak kini berkembang pesat dalam produk konsumen dan medis. Terdapat banyak teknik sintesis nanopartikel perak seperti reduksi kimiawi ion perak dalam larutan dengan atau tanpa zat penstabil, dekomposisi termal dalam pelarut organik, reduksi kimiawi dan fotoreduksi pada misel dengan arah terbalik, dan reduksi kimiawi radiasi. Sebagian besar metode sintesis nanopartikel perak yang berbasis kimiawi sangat mahal, menggunakan bahan kimia yang beracun dan berbahaya, dan dapat menimbulkan pencemaran lingkungan. Sejak nanopartikel logam mulia banyak digunakan kontak dengan manusia, maka dikembangkan dengan metode yang tidak menggunakan bahan kimia yang beracun dan ramah lingkungan. Sebuah penelitian untuk lingkungan yang berkelanjutan, proses sintesis telah menghasilkan beberapa pendekatan biomimetik yang mengacu pada prinsip biologis dalam formasi material. Salah satunya yaitu bioeduksi dengan metode sintesis nanopartikel menggunakan mikroorganisme, enzim, jamur, dan tumbuhan atau ekstrak. Sintesis nanopartikel menggunakan tumbuhan terbukti lebih menguntungkan jika dibandingkan

dengan metode lainnya, yaitu dengan menghilangkan proses yang rumit mempertahankan kultur mikroba (Forough & Farhadi, 2010).

Sebagaimana menurut Guilger *et.al* (2019) metode yang umum dilakukan untuk menghasilkan nanopartikel perak adalah dengan sintesis kimia, menggunakan reagen yang fungsinya mereduksi ion perak dan menstabilkan nanopartikel. Reagen ini beracun dan menyebabkan resiko bagi kesehatan dan lingkungan. Hal tersebut meningkatkan minat dalam metode sintesis biogenik yang kandungan toksisitasnya rendah, karakter fisikokimia yang lebih baik, dan stabilitas yang lebih tinggi.

Nanopartikel perak merupakan nanopartikel logam mulia yang memiliki berbagai senyawa biologis. Perak ialah agen antibakteri anorganik yang tidak beracun dan aman dalam penggunaan selama berabad-abad serta memiliki kemampuan membunuh berbagai penyebab penyakit yang disebabkan oleh mikroorganisme. Keuntungan dari metode ini adalah cepat, ramah lingkungan, dan metode sintesis nanopartikel dengan memanfaatkan tumbuhan (*green synthesis*) yang lebih modern (Mathur *et.al*, 2014). Sebagaimana menurut Rajivgandhi *et.al* (2020) *green synthesis* nanopartikel memiliki sifat fisikokimia yang unik seperti anti bakteri, anti jamur, antioksidan, dan anti kanker. Adapun keunggulan dari *green synthesis* nanopartikel dibanding dengan metode lainnya yaitu efektivitas biaya, biodegradabilitas, kecepatan waktu, dan toksisitas rendah terhadap lingkungan.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang berjudul “Uji Aktivitas Antioksidan dan Penghambatan Enzim Kolagenase oleh Senyawa Nanopartikel Perak Menggunakan Alga Coklat *Fucus vesiculosus*” termasuk dalam penelitian deskriptif eksploratif yaitu menguji aktivitas antioksidan dan penghambatan enzim kolagenase pada senyawa nanopartikel alga coklat *Fucus vesiculosus*. Pengujian aktivitas antioksidan dilakukan menggunakan metode DPPH dan asam askorbat sebagai bahan pembanding. Pengujian aktivitas penghambatan enzim kolagenase dengan menggunakan enzim kolagenase *Clostridium histolyticum* dan asam askorbat sebagai bahan pembanding sekaligus kontrol positif.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini diawali dengan pembuatan nanopartikel alga coklat *Fucus vesiculosus* pada bulan Agustus 2021. Kemudian dilakukan pengujian aktivitas antioksidan dan penghambatan enzim kolagenase pada bulan Agustus – September 2021. Penelitian dilakukan di Laboratorium Fisiologi Tumbuhan Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

3.3 Alat dan Bahan

3.3.1 Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah neraca analitik, oven, *freezer*, gelas kimia 500 ml (Iwaki TE-32 Pyrex), stirer, tube 15 ml, tip, sentrifuge (Thermo-scientific), hot plate (Thermo-scientific), spatula, mortal dan pistil, mikropipet (Bio-

Rad), UV-Vis spektrofotometer (Bio-Rad) , kuvet, *urine tube*, kamera, kertas label, dan alat tulis.

3.3.2 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah ekstrak alga coklat *Fucus vesiculosus*, akuades, silver nitrat (AgNO_3), DPPH, metanol, asam askorbat, enzim kolagenase *Clostridium histolyticum*, *bovine collagen* Science-Based Nutrition, etanol absolut (96%), folin, TCA, dan tirosin.

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Ekstraksi Alga Coklat *Fucus vesiculosus*

Pembuatan ekstrak *Fucus vesiculosus* yaitu dengan disiapkannya sampel *Fucus vesiculosus* yang sudah berwujud bubuk. Selanjutnya sampel ditimbang sesuai jumlah yang dibutuhkan. Setelah itu sampel dilarutkan dalam pelarut akuades dengan perbandingan sampel : akuades (1:20) g/ml. Kemudian larutan dihomogenkan dengan diaduk menggunakan stirer sambil dipanaskan dengan suhu 35°C. Selanjutnya larutan dimasukkan ke dalam tube 15 ml dan disentrifugasi dengan kecepatan 4000 RCF selama 15 menit dengan suhu 4°C. Setelah itu dihasilkan ekstrak *F. vesiculosus* berupa supernatan dari hasil sentrifugasi.

3.4.2 Sintesis Nanopartikel Perak (Ag NPs)

Sintesis biologis nanopartikel perak mengacu pada penelitian Rajivgandhi *et.al* (2020) dengan beberapa modifikasi yaitu 40 ml filtrat alga *Fucus vesiculosus* dicampur dengan 40 ml larutan AgNO_3 1mM (rasio 1:1) dan diinkubasi dalam kondisi gelap dengan dipanaskan pada suhu 60°C. Setelah 2 jam terjadi perubahan warna pada larutan dari putih menjadi kuning pucat, hal ini menunjukkan AgNPs telah disintesis. Selanjutnya larutan yang berubah warna disentrifuge pada 4000 RCF selama 30 menit

pada suhu 20°C. Kemudian, pelet yang terkumpul dipindahkan dalam oven untuk dikeringkan pada suhu 45°C selama 24 jam.

3.4.3 Uji Aktivitas Antioksidan

Tahap-tahap pengujian aktivitas antioksidan dapat dilakukan seperti berikut :

1. Pembuatan Larutan Stok

Larutan DPPH dibuat dengan konsentrasi 0,1 mM. Pembuatan larutan diawali dengan melarutkan serbuk DPPH sebanyak 1,97 mg ke dalam pelarut metanol pro analisis sebanyak 50 ml, selanjutnya dihomogenkan.

2. Pembuatan Larutan Berseri

Larutan berseri dibuat dengan disiapkannya sampel nanopartikel alga *Fucus vesiculosus*. Selanjutnya dibuat 5 seri konsentrasi yaitu 50 ppm, 100 ppm, 150 ppm, 200 ppm, dan 250 ppm. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan rumus $\text{ppm} = \text{mg/L}$, sehingga didapatkan massa yang dibutuhkan untuk membuat konsentrasi tersebut sebanyak 0,25 mg, 0,5 mg, 0,75 mg, 1 mg, dan 1,25 mg. Masing-masing dilarutkan dengan akuades sebanyak 5 ml.

Pembuatan larutan berseri pada ekstrak *Fucus vesiculosus* dilakukan dengan variasi konsentrasi yang sama yaitu 50 ppm, 100 ppm, 150 ppm, 200 ppm, dan 250 ppm. Ekstrak diambil dari stok. Perhitungan dilakukan menggunakan rumus $M_1.V_1 = M_2.V_2$, sehingga didapatkan volume 250 μl , 500 μl , 750 μl , 1000 μl , dan 1250 μl yang dilarutkan dalam akuades dengan volume akhir sebanyak 5 ml.

Pembuatan larutan berseri pada asam askorbat sebagai larutan standar yaitu dengan membuat larutan stok dengan konsentrasi 50 ppm yang dilarutkan dalam akuades sebanyak 10 ml. Perhitungan dilakukan menggunakan rumus $\text{ppm} = \text{mg/L}$, sehingga didapatkan massa 0,5 mg. Konsentrasi yang akan diuji yaitu 2 ppm, 4 ppm, 6 ppm, 8

ppm, 10 ppm dengan volume 1 ml. Kemudian dilakukan pengenceran dengan menggunakan rumus $M_1.V_1 = M_2.V_2$, sehingga didapatkan volume masing-masing 40 µl, 80 µl, 120 µl, 160 µl, dan 200 µl. Selanjutnya diambil larutan asam askorbat sesuai dengan volume tersebut dan dilarutkan dalam akuades dengan volume akhir 10 ml.

3. Pengujian Aktivitas Antioksidan

Pengujian aktivitas antioksidan mengacu pada Sari dkk. (2015) dengan beberapa modifikasi yaitu disiapkannya sampel dengan seri konsentrasi yang telah dibuat. Selanjutnya diambil masing-masing sampel sebanyak 500 µl dan dimasukkan ke dalam tube untuk direaksikan. Setelah itu masing-masing sampel ditambahkan larutan DPPH sebanyak 500 µl yang diambil dari larutan stok. Masing-masing sampel dibuat ulangan sebanyak 3 kali. Kemudian diinkubasi pada tempat gelap dengan suhu ruang selama 30 menit. Selanjutnya membaca absorbansi menggunakan UV-Vis spektrofotometer dengan panjang gelombang 517 nm dan dilakukan pembacaan sebanyak 3 kali pada setiap sampel. Digunakan asam askorbat sebagai larutan standar. Perhitungan persentase inhibisi DPPH adalah sebagai berikut :

$$\% \text{ Inhibisi DPPH} = \frac{\text{Absorbansi kontrol} - \text{Absorbansi sampel}}{\text{Absorbansi sampel}} \times 100$$

Tabel 3.1 Penggolongan tingkat penghambatan aktivitas antioksidan berdasar nilai IC₅₀

Kemampuan Penghambatan	Nilai IC ₅₀
Sangat Kuat	< 50
Kuat	50 – 100
Sedang	100 – 150
Lemah	150 – 200

(Molyneux, 2004)

3.4.4 Uji Penghambatan Enzim Kolagenase

Pengujian aktivitas penghambatan enzim elastase mengacu pada penelitian Geeta *et.al* (2019) dan Mansauda *et.al* (2018) dengan modifikasi. Sampel nanopartikel alga *Fucus vesiculosus* 20 µL (0,02 gram) dengan konsentrasi 50 ppm, 100 ppm, 150 ppm, 200 ppm, dan 250 ppm dilarutkan dalam 20 µL enzim kolagenase (*Clostridium histolyticum*). Ditambahkan 20 µL buffer trisin. Kemudian larutan tersebut diinkubasi pada suhu 37°C selama 30 menit. Selanjutnya ditambahkan substrat *bovine collagen* sebanyak 100 µl ke dalam larutan yang telah diinkubasi. Setelah itu larutan diinkubasi kembali pada suhu 37°C selama 10 menit. Kemudian ditambahkan TCA 5% sebanyak 400 µl dan Folin Ciocalteu sebanyak 200 µl. Setiap sampel dibuat ulangan sebanyak 3 kali.

Larutan blanko dibuat menggunakan buffer 40 µL sebagai pengganti sampel dan direaksikan sama dengan sampel, selanjutnya larutan enzim diganti dengan akuades 20 µL. Selain itu larutan standar tirosin dibuat dengan mereaksikan tirosin 40 µL sebagai pengganti sampel dan enzim, kemudian direaksikan sama dengan sampel. Selanjutnya disiapkan enzim kolagenase yang direaksikan tanpa inhibitor dengan reaksi yang sama seperti pada sampel. Semua sampel dilakukan pembacaan absorbansi menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 578 nm sebanyak 3 kali. Asam askorbat digunakan sebagai kontrol positif sekaligus pembanding.

Perhitungan persentase inhibisi enzim dilakukan dengan melihat aktivitas enzim kolagenase yang direaksikan dengan sampel. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$UA = \frac{\text{Absorbansi sampel} - \text{Absorbansi blanko}}{\text{Absorbansi standar} - \text{Absorbansi blanko}} \times P \times 1/T$$

Keterangan :

UA/ml = Jumlah tirosin yang dihasilkan per enzim per menit

P = Pengenceran

T = Waktu inkubasi (10 menit)

Selanjutnya, persentase penghambatan enzim dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\% \text{ Penghambatan} = 1 - \frac{\text{Aktivitas Enzim Kolagenase dengan inhibitor}}{\text{Aktivitas Enzim Kolagenase tanpa inhibitor}} \times 100\%$$

Tabel 3.2 Penggolongan tingkat penghambatan enzim kolagenase berdasarkan nilai IC₅₀

Kemampuan Penghambatan	Nilai IC ₅₀
Sangat Kuat	< 50
Kuat	50 – 100
Sedang	101 – 150
Lemah	> 150

(Tanur *et.al*, 2020)

3.5 Analisis Data

Data hasil penelitian dipresentasikan dengan nilai rata-rata dari hasil sepuluh ulangan disetiap pengujian. Dilakukan analisis regresi linear untuk memperoleh nilai IC₅₀ dengan *software* Microsoft Excel 2010. Dilanjutkan dengan analisis Pearson untuk mengetahui korelasi antara aktivitas antioksidan dan penghambatan enzim kolagenase

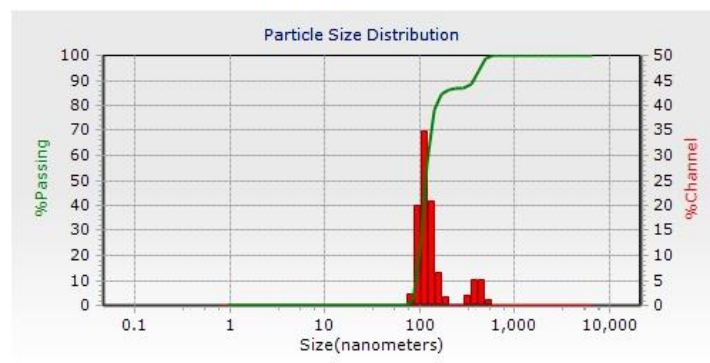
pada senyawa nanopartikel alga coklat *Fucus vesiculosus*. Analisis data dilakukan menggunakan *software* Microsoft Excel 2010 dan GraphPad Prism 9.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kemampuan ekstrak *Fucus vesiculosus* sebagai bioreduktor nanopartikel perak

Karakterisasi nanopartikel perak alga *Fucus vesiculosus* menggunakan PSA (*Particle Size Analyzer*) bertujuan untuk mengetahui distribusi dan ukuran nanopartikel. Berikut merupakan hasil analisis distribusi dan ukuran nanopartikel ekstrak alga coklat *Fucus vesiculosus*.



Gambar 4.1 Histogram distribusi ukuran AgNPs *Fucus vesiculosus*

Peaks Summary		
Dia(nm)	Vol%	Width
400	13.7	123.5
113.3	86.3	39.2

Gambar 4.2 Hasil rata-rata diameter partikel AgNPs *Fucus vesiculosus*

Hasil karakterisasi nanopartikel ekstrak *F.vesiculosus* berdasarkan histogram distribusi ukuran (Gambar 4.1) menunjukkan ukuran partikel yaitu, > 100 nm. Berdasarkan tabel pada gambar 4.2 diketahui bahwa nanopartikel memiliki persentase

volume yang dominan sekitar 86,3% dengan ukuran diameter 113,3 nm dan persentase volume terkecil sekitar 13,7 % dengan ukuran diameter 400 nm. Hal ini menunjukkan bahwa ekstrak alga *F.vesiculosus* telah berhasil digunakan dalam sintesis nanopartikel perak. Sesuai dengan penelitian Ahdyani (2020) ukuran nanopartikel dengan sistem penghantaran yang efektif yaitu antara 10-1000 nm. Adapun pada penelitian Abdassah (2017) ukuran diameter nanopartikel sebaiknya antara 200-400 nm. Perbedaan ukuran nanopartikel menurut Ningsih (2017) dapat dipengaruhi oleh pH, volume, dan kecepatan pengadukan stirer.

Measured Data	
Zeta Potential	0.2 mv
Polarity	Positive
Mobility@25C	0.01u/s/V/cm
Conductivity	44 uS/cm
Field Strength (Req/Act)	10 / 10.0 kV/m
SOP	
Zeta Run Time	30 sec

Gambar 4.3 Analisis potensi zeta

Potensi zeta diketahui berfungsi untuk menentukan muatan permukaan nanopartikel dalam suatu larutan. Pada gambar 4.3 menunjukkan nilai potensial zeta yaitu 0,2 mV, hal ini menunjukkan bahwa partikel dalam keadaan menggumpal. Sesuai dengan menurut Kumar & Dixit (2017) pengukuran potensial zeta untuk menentukan muatan permukaan dan memprediksi stabilitas nanopartikel dalam suatu larutan. Muatan pada permukaan nanopartikel akan menarik lapisan tipis pada pusat ion ke permukaan nanopartikel (Lapisan Stern). Nilai potensi zeta berkisar dari + 100 mV hingga – 100 mV. Jika nilai potensi zeta lebih besar dari + 30 mV atau lebih kecil dari – 30 mV memiliki derajat stabilitas yang tinggi. Sedangkan, jika nilai potensi zeta berkisar antara 0 – 5 mV menunjukkan bahwa partikel menggumpal karena adanya interaksi antar partikel, termasuk ikatan van der Wals, interaksi hidrofobik, dan dan

ikatan hidrogen. Analisis potensi zeta sangat penting dilakukan untuk mengetahui fungsionalisasi atau modifikasi permukaan nanopartikel yang berhasil.

Tabel 4.1 Ringkasan Data Pengukuran PSA (*Particle Size Analyzer*)

Data	Nilai
MI (<i>Mean Intensity Diameter</i>)	155,1
MN (<i>Mean Number Diameter</i>)	108,4
MA (<i>Mean Area Diameter</i>)	125,2
CS (<i>Calculated Specific Surface Area</i>)	47,92
SD (<i>Standart Deviation</i>)	34,20
PDI (<i>Polydisperisity Index</i>)	0,0486

Pada tabel 4.1 menunjukkan MI (*Mean Intensity Diameter*) yaitu rata-rata diameter yang dihitung dari distribusi intensitas (sinyal) (Microtac, 2005). Hal ini berarti nilai rata-rata diameter berdasarkan distribusi sinyal yang terdeteksi sebesar 155,1 nm. MN (*Mean Number Diameter*) yaitu rata-rata diameter yang dihitung menggunakan data distribusi volume partikel-partikel kecil atau dapat disebut nilai rata-rata ukuran partikel (Microtac, 2005). Hal tersebut berarti rata-rata ukuran partikel yang telah diukur menunjukkan nilai sebesar 108,4 nm. Nilai MA (*Mean Area Diameter*) yaitu rata-rata luas permukaan partikel (Microtac, 2005). Hal ini berarti nilai rata-rata luas permukaan nanopartikel yang diukur sebesar 125,2 nm. CS (*Calculated Specific Surface Area*) merupakan perhitungan yang mengansumsikan halus padatnya partikel yang berbentuk bola. Perhitungan ini memberikan indikasi luas permukaan tertentu (Microtac, 2005). Hal ini berarti luas permukaan partikel yang diperoleh sebesar 47,92. Nilai SD (Standar deviasi) menunjukkan lebarnya distribusi ukuran partikel yang

terukur (Microtac, 2005) yaitu sebesar 34,20. Nilai indeks polidispersitas (PDI) menunjukkan distribusi ukuran partikel dengan rentang nilai indeks diantara 0 sampai dengan 1. Nilai indeks polidispersitas yang mendekati nol menunjukkan distribusi partikel yang homogen, sedangkan nilai indeks yang melebihi 0,5 menunjukkan partikel memiliki tingkat heterogenitas yang tinggi (Taurina dkk., 2017). Nilai indeks polidispersitas pada tabel 4.1 mendekati nol (0,0468) sehingga menunjukkan bahwa seluruh formula nanopartikel memiliki partikel yang homogen sehingga memiliki kecenderungan stabil secara fisik dan partikel tidak saling beragregasi.

Penelitian sintesis nanopartikel perak ekstrak alga *F. vesiculosus* berdasarkan hasil di atas dapat dikatakan berhasil, hal tersebut dapat terjadi karena kandungan senyawa aktif fukoidan, florotanin, dan fukosantin diketahui mampu mengikat logam perak dengan mendonorkan elektron, sehingga nanopartikel dapat tersintesis. Hal ini sesuai dengan menurut Bere dkk. (2019) senyawa flavonoid yang terkandung pada tumbuhan memiliki gugus hidroksil (OH) dan karbonil (CO) mampu mengikat logam dengan mendonorkan elektron kepada ion Ag^+ menjadi Ag^0 untuk menghasilkan senyawa nanopartikel. Abdel-Raouf *et.al* (2019) menambahkan bahwa kandungan bioflavonoid pada alga coklat dikenal sebagai pereduksi yang baik untuk mereduksi ion Ag^+ menjadi Ag^0 , agen penstabil, dan *capping agent*. Vincy *et.al* (2017) menambahkan bahwa yang melakukan penstabilan dan *capping agent* nanopartikel logam yaitu protein melalui gugus amino dan polisakarida sulfat.

Nanopartikel dalam perspektif islam terdapat dalam al-qur'an surah Saba' ayat 3 yang berbunyi :

وَقَالَ الَّذِينَ كَفَرُوا لَا تَأْتِينَا السَّاعَةُ قُلْ بَلَىٰ وَرَبِّي لَتَأْتِيَنَّكُمْ عِلْمُ الْغَيْبِ لَا يَعْزُبُ عَنْهُ مِثْقَالُ ذَرَّةٍ
فِي السَّمَوَاتِ وَلَا فِي الْأَرْضِ وَلَا أَصْغَرُ مِنْ ذَلِكَ وَلَا أَكْبَرُ إِلَّا فِي كِتَابٍ مُّبِينٍ

Artinya :” Dan orang-orang berkata yang kafir berkata,” Hari Kiamat itu tidak akan datang kepada kami.”Katakanlah,pasti datang, demi Tuhanku yang mengetahui yang ghaib, kiamat itu pasti akan datang kepadamu. Tidak ada yang tersembunyi bagi-Nya sekalipun seberat zarrah baik yang di langit maupun yang di bumi, yang lebih kecil dari itu atau yang lebih besar, semuanya tertulis dalam kitab yang jelas (Lauhul Mahfuz).

Dalam tafsir Shihab (2002) kata *dzarrah* menunjukkan sesuatu yang kecil. Masyarakat jahiliah terdahulu memahami dalam arti debu, kepala semut, atau telur semut yang berterbangan di bawah sorotan cahaya matahari. Namun, pada masa ini *dzarrah* lebih diartikan pada atom. Sebagaimana ukuran pada nanopartikel yaitu antara 10-1000 nm, sesuai dengan menurut Ahdyani (2020) nanopartikel memiliki kisaran ukuran 10-1000 nm.

4.2 Aktivitas Antioksidan

Penelitian uji aktivitas antioksidan yang telah dilakukan menggunakan lima konsentrasi yang berbeda menghasilkan data seperti berikut.

Tabel 4.2 Hasil aktivitas antioksidan nanopartikel, ekstrak *Fucus vesiculosus*, dan asam askorbat

SAMPEL	KOSENTRASI	IC ₅₀	KATEGORI (Molyneux, 2004)
NANOPARTIKEL	50	24,23	SANGAT KUAT
	100		
	150		
	200		
	250		
EKSTRAK	50	47,45	SANGAT KUAT
	100		
	150		
	200		
	250		
ASAM ASKORBAT	2	2,604	SANGAT KUAT
	4		
	6		
	8		
	10		

Berdasarkan hasil uji aktivitas antioksidan pada tabel 4.1 menunjukkan bahwa sampel nanopartikel memiliki aktivitas antioksidan sangat kuat dibandingkan dengan sampel ekstrak, namun sampel asam askorbat lebih baik dibandingkan dengan sampel nanopartikel. Hal tersebut ditunjukkan dengan nilai rata-rata IC₅₀ sampel nanopartikel $15,280 \pm 3,55$ lebih kecil dibandingkan dengan sampel ekstrak $89,565 \pm 3,16$. Namun, sampel asam askorbat dengan nilai $3,250 \pm 0,08$ lebih kecil dibanding sampel nanopartikel. Sehingga, semakin kecil nilai IC₅₀ maka semakin baik aktivitas antioksidannya. Sesuai dengan Molyneux (2004) nilai IC₅₀ (<50) menunjukkan aktivitas antioksidan yang sangat kuat, (50-100) kuat, (100-150) sedang, dan (150-200) tergolong lemah.

Nilai IC₅₀ nanopartikel lebih besar dibandingkan dengan ekstrak *F.vesiculosus*, dapat diartikan bahwa sintesis AgNPs *F.vesiculosus* berhasil untuk meningkatkan

aktivitas antioksidan. Hal ini sesuai dengan menurut Restrepo & Villa (2021) senyawa polifenol mampu mengcover AgNPs sehingga dihasilkan nanopartikel yang stabil dan dapat meningkatkan aktivitas antioksidan. Dalam penelitian Maciel *et.al* (2018) senyawa flavonoid dapat menghambat radikal bebas melalui mekanisme HAT (*Hydrogen-Atom Transfer*). Ikatan O-H dari gugus hidroksil flavonoid akan memisah dan atom H akan ditransfer pada radikal bebas. Selain itu, ukuran nanopartikel memiliki luas permukaan yang lebih besar jika dibandingkan dengan ekstrak. Maka, potensi nanopartikel untuk mengikat sisi aktif enzim semakin besar. Hal ini sesuai dengan menurut Khan *et.al* (2019) luas permukaan nanopartikel yang besar memiliki kemampuan yang besar dalam aktivitasnya.

Telah diketahui senyawa florotanin menurut Wang *et.al* (2012) merupakan senyawa metabolit sekunder yang memiliki aktivitas antioksidan paling tinggi. Sehingga, alga *F.vesiculosus* mampu menangkal radikal bebas dan dapat mencegah beberapa penyakit seperti antivirus, antibakteri, antipenuaan, dan kardiovaskuler. Seperti menurut Sari (2016) senyawa antioksidan mampu menghambat spesies oksigen reaktif (ROS) dan mencegah beberapa penyakit seperti kardiovaskuler, karsinogenesis, dan antiaging.

Adapun proses penangkalan ROS oleh senyawa antioksidan menurut Thiagarasaiyar *et.al* (2020) yaitu senyawa fenolik seperti florotanin mampu menghambat MMP yang diaktifkan oleh ROS dalam tubuh yang terpapar sinar UV, telah diketahui MMP berperan dalam degradasi protein matriks ekstraseluler penyusun jaringan ikat kulit seperti kolagen dan elastin. Sehingga, dengan adanya senyawa florotanin dapat menangkal ROS di dalam jaringan kulit. Senyawa antioksidan yang

bermanfaat dalam kesehatan ditinjau dari perspektif islam terdapat dalam hadist Rasulullah SAW yang berbunyi :

فَإِنَّ اللَّهَ عَزَّ وَجَلَّ لَمْ يَضَعْ دَاءً إِلَّا وَضَعَ لَهُ شِفَاءً غَيْرَ دَاءٍ وَاحِدٍ. قَالُوا: مَا هُوَ؟ قَالَ: الْهَرَمُ.

Artinya :” Sebab Allah tidaklah meletakkan suatu penyakit melainkan meletakkan pula obatnya, kecuali satu penyakit yaitu penyakit pikun” (HR. Ahmad).

Berdasarkan hadist tersebut dijelaskan bahwa Allah swt tidak akan menciptakan penyakit tanpa ada obatnya. Hal ini berarti Allah Maha Adil akan penciptaan semua makhluknya, seperti spesies alga *F.vesiculosus* dengan kandungan aktifnya seperti antioksidan yang mampu menyembuhkan beberapa penyakit.

Selain itu, kita sebagai umat muslim yang berakal memiliki tanggung jawab untuk mengeksplorasi lebih mendetail tentang ciptaan Allah swt untuk mengembangkan ilmu pengetahuan. Hal ini tertera dalam surah Ali Imran ayat 190-191 yang berbunyi :

إِنَّ الَّذِينَ كَفَرُوا بَعْدَ إِيمَانِهِمْ ثُمَّ أَزْدَادُوا كُفْرًا لَّنْ تَقْبَلَ تَوْبَتُهُمْ وَأُولَٰئِكَ هُمُ الضَّالُّونَ ﴿١٩٠﴾
إِنَّ الَّذِينَ كَفَرُوا وَمَاتُوا وَهُمْ كُفَّارٌ فَلَن يُقْبَلَ مِنْ أَحَدِهِمْ مِّلءُ الْأَرْضِ ذَهَبًا وَلَوْ افْتَدَىٰ بِهِ أُولَٰئِكَ لَهُمْ
عَذَابٌ أَلِيمٌ وَمَا لَهُمْ مِنْ نَّاصِرِينَ ۝

Artinya : “Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, dan pergantian malam dan siang terdapat tanda-tanda kebesaran Allah bagi orang yang berakal, yaitu orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri, duduk, atau dalam keadaan berbaring, dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata), “ Ya Tuhan kami, tidaklah Engkau menciptakan semua ini sia-sia, Mahasuci Engkau, lindungilah kami dari azab neraka”.

Dalam tafsir Shihab (2002) ayat di atas menjelaskan bahwa Allah mengajak umat manusia untuk berfikir terhadap ciptaanNya yaitu bumi, bulan, dan gugusan bintang

yang tersusun secara teratur serta terjadinya perputaran bumi pada porosnya hingga terjadinya pergantian siang dan malam. Hal tersebut merupakan kemahakuasaan Allah swt bagi orang-orang yang berfikir (Ulul Albab). Adapun ulul albab merupakan orang-orang yang terus menerus berdzikir dengan hati maupun lisan dalam segala kondisi serta menggunakan akalnyanya untuk berfikir tentang fenomena yang ada di langit dan bumi. Seperti halnya melakukan penelitian mengenai kandungan antioksidan di dalam alga *F.vesiculosus* dan mengetahui manfaatnya dalam kesehatan merupakan salah satu ciri-ciri manusia yang ulul albab.

4.3 Aktivitas Penghambatan Enzim Kolagenase

Pengujian aktivitas penghambatan enzim kolagenase dibuat dengan lima konsentrasi yang berbeda menghasilkan data sebagai berikut.

Tabel 4.3 Hasil aktivitas penghambatan enzim kolagenase nanopartikel, ekstrak *Fucus vesiculosus*, dan asam askorbat

SAMPEL	KONSENTRASI	IC ₅₀	KATEGORI (Tanur, 2020)
NANOPARTIKEL	50	66,74	KUAT
	100		
	150		
	200		
	250		
EKSTRAK	50	145,1	SEDANG
	100		
	150		
	200		
	250		
ASAM ASKORBAT	2	1,695	SANGAT KUAT
	4		
	6		
	8		
	10		

Berdasarkan hasil uji pada tabel 4.2 menunjukkan bahwa persentase penghambatan enzim kolagenase pada sampel nanopartikel, ekstrak, dan asam askorbat memiliki nilai yang berbeda. Hasil persentase penghambatan pada sampel nanopartikel

menunjukkan kategori kuat dengan nilai IC_{50} $69,519 \pm 6,352$ dibandingkan dengan sampel ekstrak yang bernilai $126,162 \pm 6,326$ dalam kategori sedang. Namun, pada sampel asam askorbat menunjukkan kategori paling baik yaitu sangat kuat dengan nilai $0,00749 \pm 0,00186$. Hal ini sesuai dengan Tanur (2020) nilai IC_{50} (<50) dalam kategori sangat kuat, (50-100) kuat, (101-150) sedang, dan (>150) lemah.

Hasil uji tersebut merepresentasikan bahwa AgNPs alga *F.vesiculosus* mampu meningkatkan aktivitas penghambatan enzim kolagenase karena kandungan antioksidannya yang sangat kuat, sehingga berpotensi sebagai sumber yang baik untuk antiaging. Hal ini dapat terjadi karena kandungan antioksidan alami pada *F.vesiculosus* berperan sebagai inhibitor enzim kolagenase. Sebagaimana menurut Nur dkk. (2017) senyawa antioksidan alami seperti terpenoid dan flavonoid memiliki efek sinergis dalam penghambatan enzim kolagenase yang dapat menyebabkan kerutan pada kulit. Mostafa *et.al* (2019) menambahkan bahwa senyawa nanopartikel memiliki aktifitas penghambatan lebih baik dibandingkan dengan ekstrak, hal ini dibuktikan dengan nilai IC_{50} nanopartikel lebih kecil dibandingkan ekstrak.

Kolagen menurut Vijayakumar *et.al* (2017) merupakan protein yang umumnya ditemukan pada jaringan ikat tubuh manusia dan berperan dalam konstruksi kulit. Saat kulit terpapar sinar UV, protein aktivator -1 akan menstimulasi MMPs. Enzim MMPs akan memicu peningkatan produksi kolagenase, sehingga dapat mendegradasi dan menurunkan produksi kolagen pada kulit. Kurangnya serat kolagen pada jaringan kulit menstimulasi pembentukan kerutan. Namun, dengan adanya gugus hidroksil (OH) pada kandungan polifenol alga *F.vesiculosus* sisi aktif ion Zn yang terkandung dalam kolagenase dapat diikat oleh senyawa polifenol, sehingga dapat mencegah substrat untuk mencerna kolagenase.

Senyawa antioksidan alami seperti polifenol yang terkandung dalam alga *F.vesiculosus* dan memiliki kemampuan dalam penghambatan enzim kolagenase ditinjau dari perspektif islam terdapat dalam surah Taha ayat 53 :

الَّذِي جَعَلَ لَكُمُ الْأَرْضَ مَهْدًا وَوَسَّلَكَ لَكُمُ فِيهَا سُبُلًا وَأَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجْنَا بِهِ أَزْوَاجًا مِّنْ نَّبَاتٍ شَتَّى

Artinya :”(Tuhan) yang telah menjadikan bumi sebagai hamparan bagimu, dan menjadikan jalan-jalan di atasnya bagimu, dan yang menurunkan air hujan dari langit. Kemudian kami tumbuhkan dengannya air hujan itu berjenis-jenis aneka macam tumbuh-tumbuhan”.

Dalam tafsir Shihab (2002) lafadz *azwaj* dapat dipahami sebagai jenis tumbuhan yang bermacam-macam. Tumbuhan memiliki aneka bentuk, pigmen warna, dan zat aktif yang terkandung di dalamnya. Seperti pada pigmen alga *F.vesiculosus* mengandung fukosantin yang termasuk dalam senyawa antioksidan alami dan berperan dalam penghambatan enzim kolagenase yang dapat menyebabkan penuaan kulit.

Sebagai manusia yang dijadikan Allah swt sebagai khalifah di bumi memiliki tanggung jawab untuk menyelesaikan problem umat manusia, hal ini dalam tinjauan keislaman terdapat dalam surah Al-Baqarah ayat 30 :

وَإِذْ قَالَ رَبُّكَ لِلْمَلَائِكَةِ إِنِّي جَاعِلٌ فِي الْأَرْضِ خَلِيفَةً قَالُوا أَتَجْعَلُ فِيهَا مَنْ يُفْسِدُ فِيهَا وَيَسْفِكُ الدِّمَاءَ وَنَحْنُ نُسَبِّحُ بِحَمْدِكَ وَنُقَدِّسُ لَكَ قَالَ إِنِّي أَعْلَمُ مَا لَا تَعْلَمُونَ

Artinya : “Dan (ingatlah) ketika Tuhanmu berfirman kepada para malaikat,”Aku hendak menjadikan khalifah di bumi”. Mereka berkata,” Apakah Engkau hendak menjadikan orang yang merusak dan menumpahkan darah disana, sedangkan kami bertasbih memuji-Mu dan menyucikan nama-Mu? “Dia berfirman,” Sungguh aku mengetahui apa yang tidak kamu ketahui”.

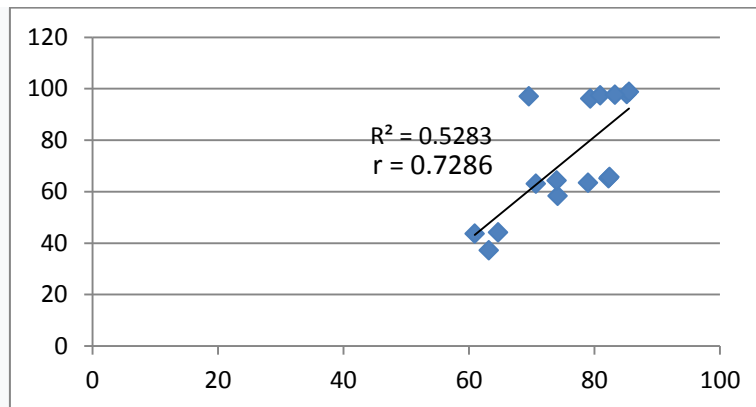
Berdasarkan tafsir Al- Mishbah oleh Shihab (2002) lafadz *khalifah* berarti menggantikan atau datang sesudah siapa yang datang sebelumnya. Hal ini dapat dipahami bahwa Allah swt bukan berarti tidak mampu, namun memberikan penghormatan dan pengujian kepada manusia untuk menegakkan kehendakNya dan menerapkan ketetapanNya. Yaitu dengan melihat hamparan luas bumi yang diciptakanNya, disana terdapat banyak pengetahuan untuk menyelesaikan problema umat manusia. Tugas manusia sebagai khalifah Allah di muka bumi antara lain memuliakan sesama, melayani sesama manusia, dan menyelesaikan masalah.

Dalam penelitian ini, senyawa aktif pada alga *F.vesiculosus* yang berpotensi sebagai kosmetik herbal. Saat ini, banyak orang telah beralih dari konsumsi produk kimia yang bersifat karsinogenik menjadi konsumsi produk herbal yang diyakini lebih aman untuk tubuh. Salah satu produk kosmetik herbal yaitu berasal dari alga *F.vesiculosus* yang memiliki kandungan antioksidan tinggi, sehingga mampu menetralsir ROS yang dapat menstimulasi enzim kolagenase dan mendegradasi kolagen pada kulit. Maka, senyawa antioksidan pada alga *F.vesiculosus* berpotensi sebagai kosmetik herbal antiaging. Berdasarkan uraian tersebut, penelitian uji aktivitas penghambatan enzim kolagenase oleh senyawa nanopartikel alga *F. vesiculosus* dapat memecahkan permasalahan manusia untuk mencegah penuaan kulit.

4.4 Korelasi Aktivitas Antioksidan dan Penghambatan Enzim Kolagenase

Senyawa Nanopartikel Perak Alga *Fucus vesiculosus*

Korelasi antara aktivitas antioksidan dan penghambatan enzim kolagenase oleh senyawa nanopartikel perak sampel *F.vesiculosus* disajikan dalam grafik di bawah ini.



Gambar 4.4 Korelasi antara aktivitas antioksidan dan penghambatan enzim kolagenase nanopartikel perak alga *Fucus vesiculosus*

Nilai koefisien korelasi (r) yang dihasilkan yaitu 0,7268, berarti korelasi yang dihasilkan yaitu kuat. Hal ini sesuai dengan interpretasi koefisien korelasi menurut Sugiyono (2010) nilai r (0,00-1,199) tergolong sangat rendah, (0,20-0,399) rendah, (0,40-0,599) sedang, (0,60-0,799) kuat, dan (0,80-1,000) sangat kuat. Sanny & Dewi (2020) korelasi pearson merupakan teknik korelasi yang digunakan untuk mengetahui hubungan antara dua variabel yang linier. Nilai korelasi (r) dengan rentang nilai antara 0 sampai 1 atau semakin mendekati nilai 1 maka korelasi yang dihasilkan yaitu semakin kuat. Sebaliknya, jika nilai korelasi mendekati 0 maka hubungan yang dihasilkan semakin lemah.

Terdapatnya hubungan antara aktivitas antioksidan dan penghambatan enzim kolagenase AgNPs alga *F.vesiculosus* disebabkan karena adanya komponen florotanin menurut Wang *et.al* (2012) tergolong dalam senyawa antioksidan yang sangat tinggi sehingga dapat mempengaruhi penghambatan enzim kolagenase. Hal ini sesuai dengan yang dilaporkan oleh Alqodri *et.al* (2020) semakin tinggi aktivitas senyawa antioksidan maka semakin tinggi pula aktivitas penghambatan enzim kolagenase. Wijaya *et.al* (2020) menambahkan bahwa semakin tinggi aktivitas antioksidan maka penghambatan enzim juga semakin tinggi. Hal ini terjadi karena terdapat kandungan senyawa fenol dan

flavonoid yang mampu menghambat ROS, mereduksi ion logam, dan memodulasi protein fosforilasi terkait penghambatan enzim.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan pada penelitian yang berjudul “ Uji Aktivitas Antioksidan dan Penghambatan Enzim Kolagenase oleh Senyawa Nanopartikel Alga Coklat *Fucus vesiculosus*” adalah sebagai berikut :

1. Ekstrak alga *F.vesiculosus* mampu menjadi bioreduktor nanopartikel perak dengan ukuran rata-rata 113,3 nm.
2. Aktivitas antioksidan nanopartikel perak alga *Fucus vesiculosus* memiliki aktivitas penghambatan dengan nilai IC_{50} dengan nilai $24,23 \pm 3,55$ tergolong kategori sangat kuat, sedangkan ekstrak *F.vesiculosus* memiliki nilai IC_{50} dengan nilai $47,45 \pm 3,16$ tergolong kategori sangat kuat.
3. Aktivitas penghambatan enzim kolagenase nanopartikel perak alga *Fucus vesiculosus* memiliki aktivitas penghambatan dengan nilai IC_{50} $66,74 \pm 6,352$ tergolong kategori kuat, sedangkan ekstrak *F.vesiculosus* memiliki nilai IC_{50} dengan nilai $145,1 \pm 6,326$ tergolong kategori sedang.
4. Terdapat korelasi antara aktivitas antioksidan dan penghambatan enzim kolagenase nanopartikel perak dengan nilai $r = 0,7268$ dengan kategori korelasi kuat.

5.2 Saran

Penelitian ini masih terdapat kekurangan, maka penulis memiliki saran untuk penelitian lanjutan yaitu sebagai berikut :

1. Perlu dilakukan karakterisasi senyawa bioaktif lainnya pada ekstrak alga *F.vesiculosus* dan nanopartikel alga *F.vesiculosus*.
2. Perlu dilakukan uji toksisitas pada senyawa nanopartikel alga *F.vesiculosus*.
3. Perlu dilakukan uji in vivo dan in vitro alga *F.vesiculosus*.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdassah, Marline. 2017. Nanopartikel Dengan Gelasi Ionik. *Farmaka*. 15(1): 45-52
- Abdel-Raouf, Neveen., Nouf Mohammad Al-Enazi, Ibraheem Borie Mohammad Ibraheema, Reem Mohammed Alharbi, & Manal Mohammed Alkhulaifi. 2019. Biosynthesis of silver nanoparticles by using of the marine brown alga *Padina pavonia* and their characterization. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 26: 1207-1215
- Agatonovic-Kustrin, Snezana & David W Morton. 2013. Cosmeceuticals Derived from Bioactive Substances Found in Marine Algae. *Journal of Oceanography and Marine Research*. 1(2): 1-11
- Ahdyani, Risa., Sri Rahayu, Irfan Zamzani, & Andika. 2020. Review : Pengembangan Sistem Penghantaran Berbasis Nanopartikel Dalam Sediaan Kosmesetika Herbal. *Journal of Current Pharmaceutical Sciences*. 4(1) : 289-299
- Alipour, Hamzeh., Abbasali Raz, Sedigheh Zakeri, & Navid Dinparast Djadid. 2016. Therapeutic applications of collagenase (metalloproteases): A review. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*. 6(11): 975-981
- Alparslan, Levent., Nazim Sekeroglu, & Anake Kijjoa. 2018. The Potential of Marine Resources in Cosmetics. *Journal Current Perspectives on Medicinal & Aromatic Plants*. 2 : 53-66
- Alqodri, Lubna., Ermi Girsang, Ali Napiah Nasution, & Sahna Ferdinand Ginting. 2020. Comparison of Antioxidant and Anti-collagenase Activities Ethanol Extract of Black Soybeans with Daidzein Compounds. *American Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences (ASRJETS)*. 70(1): 90-98
- Amaranggana, Larasati & Nasrul Wathoni. 2017. Manfaat Alga Merah (*Rhodopyta*) sebagai Sumber Obat dari Bahan Alam. *Majalah Farmasetika*. 2(1): 16-19
- Amrullah, Abdulmalik Abdulkarim (HAMKA). 2015. *Tafsir Al-Azhar*. Jakarta: Gema Insani
- Ardehed, Angelica., Daniel Johansson, Lisa Sundqvist, Ellen Schagerstrom, Zuzanna Zagrodzka, Nikolaj A. Kovaltchouk, Lena Bergstrom, Lena Kautsky, & Marina Rafajlovic. 2016. Divergence within and among Seaweed Siblings (*Fucus vesiculosus* and *F. radicans*) in the Baltic Sea. *PLoS ONE*. 11(8): e0161266
- Asih, Triana., M. Khayuridlo, Rasuane Noor, & Muhfahroyin. 2019. Biodiversity and Potential Use of Macro Algae in Pesisir Barat Lampung. *Journal of Biology & Biology Education*. 11(1): 100-107
- Bahriul, Putrawan., Nurdin Rahman, & Anang Wahidi M. Diah. 2014. Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak Daun Salam (*Syzygium Polyanthum*) Dengan

- Menggunakan 1,1-Difenil-2-Pikrilhidrazil. *Jurnal Akademia Kimia*. 3(3): 143-149
- Baumann, L. 2007. Skin ageing and its treatment. *Journal of Pathology*. 211: 241-251
- Bere, Marsela Luruk., James Sibarani, & Manuntun Manurung. 2019. Sintesis Nanopartikel Perak (NPAg) Menggunakan Ekstrak Air Daun Kemangi (*Ocimum Sanctum* Linn.) Dan Aplikasinya Dalam Fotodegradasi Zat Warna Metilen Biru. *Indonesian E-Journal of Applied Chemistry*. 7(2): 155-164
- Berthon, Jean-Yves., Rachida Nachat-Kappes, Mathieu Bey, Jean-Paul Cadoret, Isabelle Renimel, & Edith Filaire. 2017. Marine algae as attractive source to skin care. *Free Radical Research*. 51(6): 555-567
- Catarino, Marcelo D., Artur M.S. Silva, & Susana M. Cardoso. 2018. Phycochemical Constituents and Biological Activities of *Fucus* spp. *Marine drugs*. 16(249): 1-34
- Creis, Emeline., Ludovic Delage, Sophie Charton, Sophie Goulitquer, Catherine Leblanc, Philippe Potin, & Erwan Ar Gall. 2015. Constitutive or Inducible Protective Mechanisms against UV-B Radiation in the Brown Alga *Fucus vesiculosus*? A Study of Gene Expression and Phlorotannin Content Responses. *PLOS ONE* : 1-15
- Dipahayu, Damaranie., Widji Soeratri, & Mangestuti Agil. 2014. Formulasi Krim Antioksidan Ekstrak Etanol Daun Ubi Jalar Ungu (*Ipomoea batatas* (L.) Lamk) Sebagai Anti Aging. *Pharmacy Science Research*. 1(3): 166-179
- Falcao, Berness., Jyoti Vishwakarma, Helly Jadav, & Sirisha L. Vavilala. 2020. In Vitro Evaluation of The Antioxidant and Anti-Skin Aging Properties of Green Algal Sulfated Polysaccharides. *Arch. Microbiol. Immunology*. 4(2): 75-90
- Febrianto, Wahyu., Ali Djunaedi, Suryono Suryono, Gunawan Widi Santosa & Sunaryo Sunaryo. 2019. Potensi Antioksidan Rumput Laut *Gracilaria verrucosa* Dari Pantai Gunung Kidul, Yogyakarta. *Jurnal Kelautan Tropis*. 22(1): 81-86
- Fitton, J. Helen., Giorgio Dell'Acqua, Vicki-Anne Gardiner, Samuel S. Karpiniec, Damien N. Stringer & Emma Davis. 2015. Topical Benefits of Two Fucooidan-Rich Extracts from Marine Macroalgae. *Cosmetics*. 2: 66-81
- Forough, Mehrdad & Khalil Farhadi. 2010. Biological and green synthesis of silver nanoparticles. *Turkish J. Eng. Env. Sci*. 34: 281-287
- Freitas, Rafaela., Alice Martins, Joana Silva, Celso Alves, Susete Pinteus, Joana Alves, Fernando Teodoro, Helena Margarida Ribeiro, Lídia Gonçalves, Željko Petrovski, Luís Branco & Rui Pedrosa. 2020. Highlighting the Biological Potential of the Brown Seaweed *Fucus spiralis* for Skin Applications. *Antioxidants*. 9(611): 1-21

- Ganceviciene, Ruta., Aikaterini i. Liakou, Athanasios Theodoridis, Evgenia Makrantonaki & Christos C. Zouboulis. 2012. Skin anti-aging strategies. *Dermato-Endocrinology*. 4(3): 308-319
- Garg, Chanchal., Priyanka Khurana, Munish Garg. 2017. Molecular mechanisms of skin photoaging and plant inhibitors. *International Journal of Green Pharmacy*. 11(2): 217- 232
- Geeta, Wahyu Setia Widodo, Wahyu Widowat, Chrismis Novalinda Ginting, I Nyoman Ehrich Lister, Adek Armansyah, & Ermi Girsang. 2019. Comparison of Antioxidant and Anti-collagenase Activity of Genistein and Epicatechin. *Pharmaceutical Sciences and Research*. 6(2): 111-117
- Guilger-Casagrande, Mariana & Renata de Lima. 2019. Synthesis of Silver Nanoparticles Mediated by Fungi: A Review. *frontiers in Bioengineering and Biotechnology*. 7: 1-16
- Guiry, M. D. & Wendy Guiry. 2007. *Fucus vesiculosus* Linnaeus. https://translate.google.com/translate?u=https://en.wikipedia.org/wiki/Fucus_vesiculosus&hl=id&sl=en&tl=id&client=srp&prev=search. Diakses 20 Maret 2021
- Haerani, Ani., Anis Yohana Chaerunisa & Anas Subarnas. 2018. Artikel Tinjauan: Antioksidan Untuk Kulit. *Farmaka*. 16(2): 135-151
- Hardy, F.G. & M. D. Guiry. 2003. A Check-list and Atlas of the Seaweeds of Britain and Ireland. https://translate.google.com/translate?u=https://en.wikipedia.org/wiki/Fucus_vesiculosus&hl=id&sl=en&tl=id&client=srp&prev=search. Diakses 20 Maret 2021
- Istifada, Dina Sofa & Nyi Mekar Saptarini. 2018. Review : Aktivitas Senyawa Bioaktif Alga Merah (*Rhodophyta*) Sebagai Antimikroba. *Farmaka*. 16(1): 367-373
- Kalangi, Sonny J.R. 2013. Histofisiologi Kulit. *Jurnal Biomedik*. 5(3): 12-20
- Kepel, Rene Charles., Desy Maria Helena Mantiri & Nasprianto. 2018. Biodiversitas Makroalga Di Perairan Pesisir Tongkaina, Kota Manado. *Jurnal Ilmiah Platax*. 6(1): 160-173
- Khan, Ibrahim., Khalid Saaed & Idrees Khan. Nanoparticles: Properties, applications and toxicities. *Arabian Journal of Chemistry*. 12 : 908-931
- Kim, Ji Hye., Jae-Eun Lee, Kyoung Heon Kim & Nam Joo Kang. 2018. Beneficial Effects of Marine Algae-Derived Carbohydrates for Skin Health. *Mar. Drugs*. 16(459): 1-22
- Kolesova, N., M. Kõuts, K. L. Siimon & U. Raudsepp. Changes in the morphology of *Fucus vesiculosus* L. and abundance of seaweed associated fauna along the coastal sea of Estonia: 1-13
- Kumar, Ajeet & Chandra Kumar Dixit. 2017. Methods for characterization of nanoparticles. *Advances in Nanomedicine for the Delivery of Therapeutic Nucleic Acids*. 43-58

- Liana, Liana., Rizal Rizal , Wahyu Widowati , Fioni Khainir Akbar , Edy Fachrial & I Nyoman Ehrich L. 2019. Antioxidant and Anti-Hyaluronidase Activities of Dragon Fruit Peel Extract and Kaempferol-3-O-Rutinoside. *Jurnal Kedokteran Brawijaya*. 30(4): 247-252
- M. Rodriguez-Jasso, Rosa., Solange I. Mussatto, Lorenzo Pastrana, Cristóbal N. Aguilar & José A. Teixeira. 2014. Chemical composition and antioxidant activity of sulphated polysaccharides extracted from *Fucus vesiculosus* using different hydrothermal processes. *Chemical Papers*. 68(2): 203-209
- Maciel, E. N., Almeida, S. K. C., da Silva, S. C., & de Souza, G. L. C. (2018). Examining the reaction between antioxidant compounds and 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) through a computational investigation. *Journal of Molecular Modeling*, 24(8)
- Mansauda, Kariah Lifie Riani., Effionora Anwar, & Tati Nurhayati. 2018. Antioxidant and Anti-Collagenase Activity of *Sargassum plagyophyllum* Extract as an Anti-Wrinkle Cosmetic Ingredient. *Pharmacognosy Journal*. 10(5): 932-936
- Mardiyah, Ulfatul., A. Ghanaim Fasya, Begum Fauziyah & Suci Amalia. 2014. Ekstraksi, Uji Aktivitas Antioksidan Dan Identifikasi Golongan Senyawa Aktif Alga Merah *Eucheuma spinosum* Dari Perairan Banyuwangi. *Alchemy*. 3(1): 39-46
- Martien, Ronny., Adhyatmika, Iramie D. K. Irianto, Verda Farida & Dian Purwita Sari. 2012. Perkembangan Teknologi Nanopartikel Sebagai Sistem Penghantaran Obat. *Majalah Farmaseutik*. 8(1): 133-144
- Mathieson, Arthur C., Clinton J. Dawes, Aaron L. Wallace, & Anita S. Klein. 2006. Distribution, morphology, and genetic affinities of dwarf embedded *Fucus* populations from the Northwest Atlantic Ocean. *Botanica Marine*. 49: 283-303
- Mathur, Abhishek., Akhilesh Kushwaha, Vandana Dalakoti, Garima Dalakoti & Deep Shikha Singh. 2014. Green synthesis of silver nanoparticles using medicinal plant and its characterization. *Der Pharmacia Sinca*. 5(5): 118-122
- Meriam, Watung Preisy Meicy., Rene Charles Kepel, & Lawrence J.L. Lumingas. 2016. Inventarisasi Makroalga Di Perairan Pesisir Pulau Mantehage Kecamatan Wori, Kabupaten Minahasa Utara, Provinsi Sulawesi Utara. *Jurnal Ilmiah Platax*. 4(2): 84-108
- Microtac. 2005. *Microtac FLEX Software Operations Manual*. USA : Montgomeryville, PA 18936
- Mohiuddin, Abdul Kader. 2019. Skin Aging & Modern Age Anti-aging Strategies. *Global Journal of Medical Research*. 19(2): 15-60
- Molyneux, P. 2004. The Use of The Stable Free Radical Diphenylpicryl-hydrazyl (DPPH) for Estimating Antioxidant Activity, *Songklanakarin J. Sci. Technol*. 26(2): 211-219

- Montenegro, Lucia. 2014. Nanocarriers for skin delivery of cosmetic antioxidants. *Journal of Pharmacy & Pharmacognosy Research*. 2(4): 73-92
- Mostafa, Eman., Marwa A.A. Fayed, Rasha A. Radwan, & Riham O. Bakr. 2019. *Centaurea pumilio* L. extract and nanoparticles: A candidate for healthy skin. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*. 182: 1-8
- Muhammad, Abu Ja'far bin Jarir ath-Thabari. 2009. *Tafsir ath-Thabari*. Jakarta: Pustaka Azzam
- Ningsih, Nurmalia., Sedarnawati Yasni, & Sri Yuliani. 2017. Sintesis Nanopartikel Ekstrak Kulit Manggis Merah dan Kajian Sifat Fungsional Produk Enkapsulasinya. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*. 28(1): 27-35
- Nur, Syamsu., Rumiati, & Endang Lukitaningsih. 2017. Skrining Aktivitas Antioksidan, Antiaging Dan Penghambatan Tyrosinase Dari Ekstrak Etanolik Dan Etil Asetat Daging Buah Dan Kulit Buah Langsung (*Lansium domesticum* Corr) Secara In Vitro. *Traditional Medicine Journal*. 22(1): 63-72
- Nuraeni, Witri., Isti Daruwati, Eva Maria W, & Maula Eka Sriyani. 2013. Verifikasi Kinerja Alat *Particle Size Analyzer* (PSA) Horiba LB-550 Untuk Penentuan Distribusi Ukuran Nanopartikel. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir*: 266- 271
- Nurrochmad, Arief., Wirasti, Arifin Dirman, Endang Lukitaningsih, Adillah Rahmawati & Nanang Fakhrudin. 2018. Effects of Antioxidant, Anti-Collagenase, Anti-Elastase, Anti-Tyrosinase of The Extract and Fraction From *Turbinaria decurrens* Bory. *Indonesian J. Pharm*. 29(4) : 188 – 197
- Nyagard, Charlotta A. & Matthew J. Dring. 2008. Influence of salinity, temperature, dissolved inorganic carbon and nutrient concentration on the photosynthesis and growth of *Fucus vesiculosus* from the Baltic an Irish Seas. *European Journal of Phycology*. 43(3): 253-262
- Oktarina, Eva. 2017. Alga : Potensinya pada Kosmetik dan Biomekanismenya. *Majalah Teknologi Agro Industri (Tegi)*. 9(2): 1-10
- Pakidi, Chalvyn S. & Hidayat Suryanto Suwoyo. 2017. Potensi dan Pemanfaatan Bahan Aktif Alga Cokelat *Sargassum* sp. *Jurnal Ilmu Perikanan*. 6(1): 551-562
- Paraeng, Pricilia., Desy M.H Mantiri & Antonius Rumengan. 2016. Uji Aktivitas Antioksidan Pada Makroalga Alga Cokelat *Hydroclantharus clantharus* (C.Agardh) Hower Dan *Padina minor* Yamada. *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis*. 2(1): 37-43
- Pereira, Leonel. 2018. Seaweeds as Source of Bioactive Substances and Skin Care Therapy—Cosmeceuticals, Algotherapy, and Thalassotherapy. *Cosmetics*. 5(68): 1-41
- Phasanasophon, Kasira. & Sang Moo Kim. 2018. Antioxidant and Cosmeceutical Activities of *Agarum cribrosum* Phlorotannin Extracted by Ultrasound Treatment. *Natural Product Communications*. 13(5): 565-570

- Podungge, Alindra., Lena J. Damongilala & Hanny W. Mewengkang. 2018. Kandungan Antioksidan Pada Rumput Laut *Eucheuma spinosum* Yang Diekstrak Dengan Metanol Dan Etanol. *Jurnal Media Teknologi Hasil Perikanan*. 6(1): 197-201
- Rahmawati, A. Muflihunna & LaOde Muhammad Sarif. 2016. Analisis Aktivitas Antioksidan Produk Sirup Buah Mengkudu (*Morinda citrifolia* L.) Dengan Metode DPPH. *Jurnal Fitofarmaka Indonesia*. 2(2): 97-101
- Rahmi, Hayatul. 2017. Review : Aktivitas Antioksidan dari Berbagai Sumber Buah-buahan di Indonesia. *Jurnal Agrotek Indonesia*. 2(1): 34 – 38
- Rajivgandhi, Govindan Nadar., Govindan Ramachandranb, Muthuchamy Maruthupandyc, Natesan Manoharanb, Naiyf S. Alharbi, Shine Kadaikunnand, Jamal M. Khaled, Taghreed N. Almanaad & Wen-Jun Li. 2020. Anti-oxidant, anti-bacterial and anti-biofilm activity of biosynthesized silver nanoparticles using *Gracilaria corticata* against biofilm producing *K. pneumonia*. *Colloids and Surfaces*. 600: 1-15
- Restrepo, Cindy Vanessa & Cristian C. Villa. 2021. Synthesis of silver nanoparticles, influence of capping agents, and dependence on size and shape: A review. *Environmental Nanotechnology, Monitoring, & Management*. 15: 1-11
- Rinne, Henna., Ulrika Björkman, Conny Sjöqvist, Sonja Salovius-Laurén & Johanna Mattila. 2018. Morphological and genetic variation of *Fucus* in the eastern Gulf of Bothnia, northern Baltic Sea. 53(3): 369-380
- Sami, Fitriyanti Jumaetri., Nunuk Hariani Soekamto, Firdaus & Jalifah Latip. 2019. Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak Alga Coklat *Sargassum polycystum* Dan *Turbinaria deccurens* Asal Pulau Dutungan Sulawesi Selatan Terhadap Radikal DPPH. *Jurnal Kimia Riset*. 4(1): 1-6
- Sanny, Bisma Indrawan & Rina Kaniawati Dewi. 2020. Pengaruh Net Interest Margin (NIM) Terhadap Return on Asset (ROA) Pada PT Bank Pembangunan Daerah Jawa Barat Dan Banten Tbk Periode 2013-2017. *Jurnal E-Bis (Ekonomi-Bisnis)*. 4(1): 78-87
- Sari, Ayu Nirmala. 2016. Berbagai Tanaman Rempah Sebagai Sumber Antioksidan Alami. *Journal of Islamic Science and Technology*. 2(2): 203-211
- Sari, Bina Lohita., Nurulia Susanti, & Sutanto. 2015. Skrining Fitokimia dan Aktivitas Antioksidan Fraksi Etanol Alga Merah *Eucheuma spinosum*. *Pharm. Sci. Res*. 2(2): 59-67
- Sari, Kartika Denni., Retno Sulisty Dhamar Lestari, & Agus Rahmat. 2016. Biosintesis Nano/Mikro Partikel Perak Dari Rumput Laut (*Eucheuma cottonii*) Berbantu Gelombang Ultrasonik. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi*. Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah. Jakarta
- Sayuti, Kesuma & Rina Yenrina. 2015. *Antioksidan Alami dan Sintetik*. Padang: Andalas University Press

- Sedjati, Sri Suryono, Adi Santosa, Endang Supriyanti, & Ali Ridlo. 2017. Aktivitas Antioksidan dan Kandungan Senyawa Fenolik Makroalga Coklat *Sargassum* sp. *Jurnal Kelautan Tropis*. 20(2): 117-123
- Shihab, M.Quraish. 2002. *Tafsir Al-Mishbah Pesan, Kesan dan Keserasian Al-Qur'an*. Jakarta: Lentera Hati
- Soamole, Hasri H., Grace Sanger, & Silvana D. Harikedua. 2018. Kandungan Fitokimia Ekstrak Etanol Rumpun Laut Segar (*Turbinaria* sp., *Gracilaria* sp., dan *Halimeda macroloba*). *Jurnal Media Teknologi Hasil Perikanan*. 6(3): 94-98
- Sugiyono. 2010. Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, kualitatif, dan R&D. Bandung: Alfabeta
- Sulastry, Meri Sanory. 2021. Mengenal Kelompok Alga (Alga Coklat). <https://www.google.com/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fsel.co.id%2Fwp-content%2Fuploads%2F2018%2F03%2FDaur-hidup-Fucus-sp.png&imgrefurl=https%3A%2F%2Fsel.co.id%2Fmengenal-kelompok-alga-cokelat%2F&tbnid=409fnGjI9nEjaM&vet=12ahUKEwjI0M7C4JnxAhVb03MBHRAKCxoQMygBegUIARC1AQ..i&docid=flG2c1wTrtM5MM&w=540&h=360&q=morfologi%20alga%20fucus&safe=strict&ved=2ahUKEwjI0M7C4JnxAhVb03MBHRAKCxoQMygBegUIARC1AQ>. Diakses 15 Juni 2021
- Taurina, Wintari., Rafika Sari, Uray Cindy Hafinur, Sri Wahdaningsih, Isnindar. 2017. Optimasi Kecepatan Dan Lama Pengadukan Terhadap Ukuran Nanopartikel Kitosan-Ekstrak Etanol 70% Kulit Jeruk Siam (*Citrus nobilis* L. var *Microcarpa*). *Traditional Medicine Journal*. 22(1): 16-20
- Tanur, Ellys., I Nyoman Ehrice Lister, Edy Fachrial, & Ermi Girsang. 2020. Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP) and Inhibition of Collagenase Enzyme Activity from Ethanol Extract of Pineapple (*Ananas cosmus* (L.) Merr) Core. *American Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences (ASRJETS)*. 70(1): 99-105
- Tatarenkov, A., L. Bergstrom, R. B. Jonsson, E.A Serrao, L. Kautsky, & K. Johannesson. 2005. Intriguing asexual life in marginal populations of the brown seaweed *Fucus vesiculosus*. https://translate.google.com/translate?u=https://en.wikipedia.org/wiki/Fucus_vesiculosus&hl=id&sl=en&tl=id&client=srp&prev=search. Diakses 20 Maret 2021
- Taylor, W R. 1957. Alga Laut dari Pantai Timur Laut Amerika Utara. https://translate.google.com/translate?u=https://en.wikipedia.org/wiki/Fucus_vesiculosus&hl=id&sl=en&tl=id&client=srp&prev=search. Diakses 20 Maret 2021
- Thiyagarasaiyar, Krishnapriya., Bey-Hing Goh, You-Jin Jeon & Yoon-Yen Yow. 2020. Algae Metabolites in Cosmeceutical: An Overview of Current Applications and Challenges. *Marine drugs*. 18(323): 1-33

- Thring, Tamsyn SA., Pauline Hili, & Declan P Naughton. 2009. Anti-collagenase, anti-elastase and anti-oxidant activities of extracts from 21 plants. *BMC Complementary and Alternative Medicine*. 9(27): 1-11
- Truus, Kalle., Merike Vaher, Mihkel Koel, Andres Mahar, & Imants Taure. 2004. Analysis of bioactive ingredients in the brown alga *Fucus vesiculosus* by capillary electrophoresis and neutron activation analysis. *Anal Bioanal Chem*. 379: 849-852
- Vijayakumar, Ramya., Siti Salwa Abd Gani, & Nor Fadzillah Mokhtar. 2017. Anti-Elastase, Anti-Collagenase And Antimicrobial Activities Of The Underutilized Red Pitaya Peel: An In Vitro Study For Anti-Aging Applications. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*. 10(8): 251-255
- Vincy, W., T. Jasmine Mahathalana, S. Sukumaran, & S. Jeeval. Algae As A Source For Synthesis Of Nanoparticles – A Review. *International Journal of Latest Trends in Engineering and Technology*. 005-009
- Wahab, Norliza Abdul., Russly Abdul Rahman, Amin Ismail, Shuhaimi Mustafa, & Puziah Hashim. 2014. Assessment of Antioxidant Capacity, Anti-collagenase and Anti-elastase Assays of Malaysian Unfermented Cocoa Bean for Cosmetic Application. *Natural Products Chemistry & Research*. 2(3): 1-6
- Wahdaningsih, Sri., Erna Prawita Setyowati, & Subagus Wahyuono. 2011. Aktivitas Penangkap Radikal Bebas Dari Batang Pakis (*Alsophila glauca* J. Sm). *Majalah Obat Tradisional*. 16(3): 156-160
- Wang, Tao., Rósa Jónsdóttir, Haiyan Liu, Liwei Gu, Hordur G. Kristinsson, Sivakumar Raghavan, & Gudrun Ólafsdóttir. 2012. Antioxidant Capacities of Phlorotannins Extracted from the Brown Algae *Fucus vesiculosus*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 60: 5874-5883
- Weiss, Christian. 2017. Blader Wrack (*Fucus vesiculosus*). <https://id.depositphotos.com/stock-photos/red-fucus.html>. Diakses 20 Maret 2021
- White, Nicola. 2008. Bladder wrack – *Fucus vesiculosus*. https://translate.google.com/translate?u=https://en.wikipedia.org/wiki/Fucus_vesiculosus&hl=id&sl=en&tl=id&client=srp&prev=search. Diakses 20 Maret 2021
- Wijaya, Lenny., I Nyoman Ehrich Lister, Edy Fachrial, & Ermi Girsang. 2020. Scavenge ABTS and Inhibition of Elastase Enzyme Activity from Ethanol Extract of Pineapple (*Ananas cosmusus* (L.) Merr) Core. *American Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences (ASRJETS)*. 70(1): 106-113
- Yenny, S. W. & Y. E. Suryani. 2020. Polyphenols as Natural Antioxidants in Skin Aging. *Sumatera Medical Journal*. 3(3): 1-8
- Zhang, Shoubing & Enkui Duan. 2018. Fighting against Skin Aging: The Way from Bench to Bedside. *Cell Transplantation*: 1-10

LAMPIRAN

Lampiran 1. Foto Kegiatan

Gambar	Keterangan
	Sediaan sampel alga <i>Fucus vesiculosus</i> dalam bentuk bubuk
	Penimbangan sampel alga

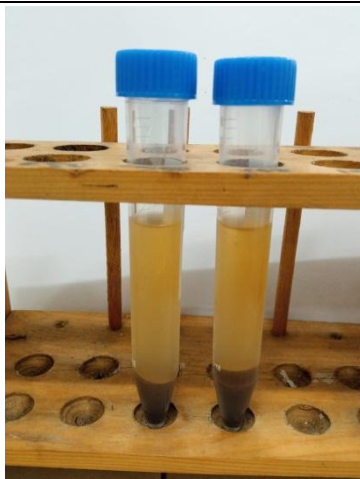
	Melarutkan sampel dengan akuades
	Menghomogenkan sampel yang telah diberi pelarut dengan stirer pada suhu ruang 35°C selama 15 menit dengan kecepatan 400 rpm
	Sampel <i>Fucus vesiculosus</i> setelah dihomogenkan



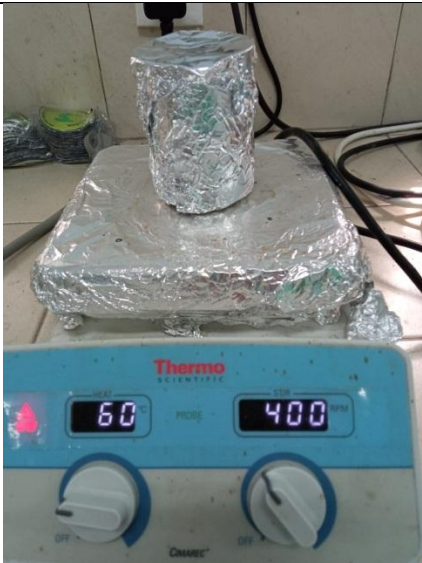
Menuangkan larutan sampel ke ependorf
15 ml



Sampel disentrifuge pada kecepatan 4000
RCF selama 15 menit dengan suhu 4°C



Sampel yang sudah disentrifuge, kemudian
diambil supernatannya

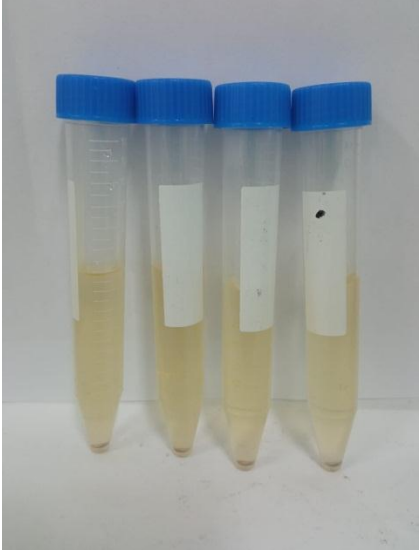
	Supernatan sebelum diberi larutan AgNO₃
	Supernatan diberi larutan AgNO₃
	Inkubasi pada sampel yang telah diberi larutan AgNO₃ dengan distirer selama 2 jam pada suhu 60°C 400 rpm

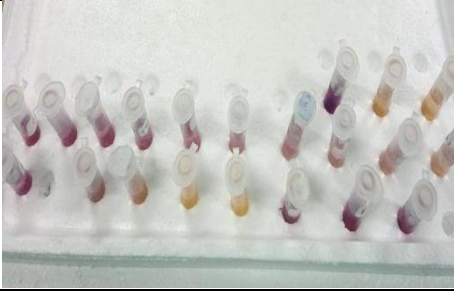


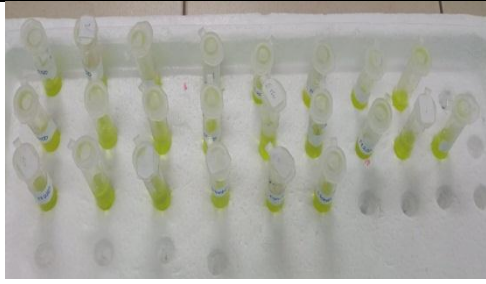
Sampel dimasukkan dalam ependorf 15 ml



Sampel disentrifuge pada 4000 RCF
dengan suhu 20°C selama 30 menit

	Hasil akhir terdapat supernatant dan pellet. Selanjutnya, supernatant dibuang dan diambil peletnya.
	Pelet dioven selama 24 jam pada suhu 45°C

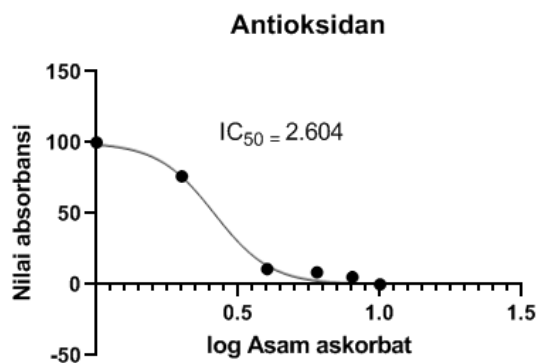
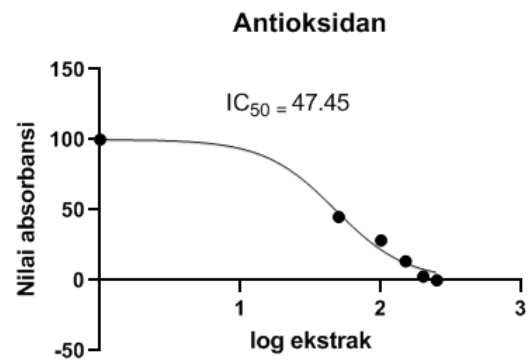
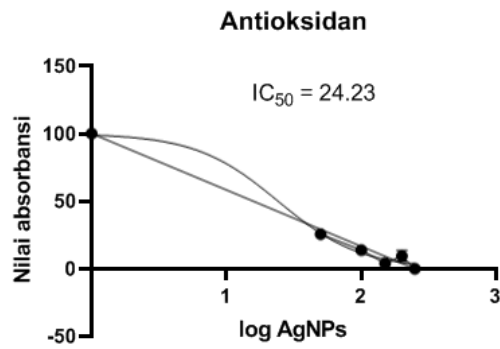
	Pelet dihaluskan
	Pelet ditimbang untuk stok
	Uji antioksidan



Uji penghambatan enzim kolagenase

Lampiran 2. Uji Aktivitas Antioksidan

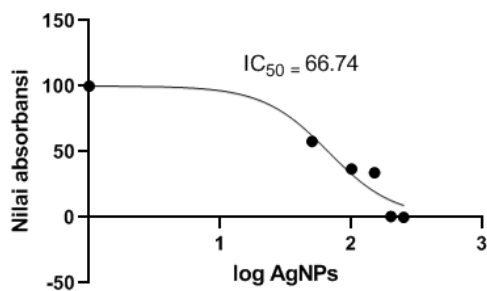
SAMPEL	KONSENTRASI	ULANGAN			IC50	STD	KATEGORI
		1	2	3			
NANOPARTIKEL	50	0.203	0.216	0.195	24.23	24.23 ± 3.554271	SANGAT KUAT
	100	0.143	0.162	0.144			
	150	0.116	0.098	0.097			
	200	0.114	0.168	0.105			
	250	0.082	0.080	0.092			
EKSTRAK	50	0.338	0.339	0.339	47.45	47.45 ± 3.155642	SANGAT KUAT
	100	0.261	0.280	0.280			
	150	0.211	0.220	0.217			
	200	0.171	0.177	0.173			
	250	0.164	0.163	0.162			
ASAM ASKORBAT	2	0.274	0.277	0.277	2.604	2.604 ± 0.082678	SANGAT KUAT
	4	0.044	0.046	0.046			
	6	0.037	0.038	0.036			
	8	0.019	0.028	0.029			
	10	0.006	0.007	0.007			



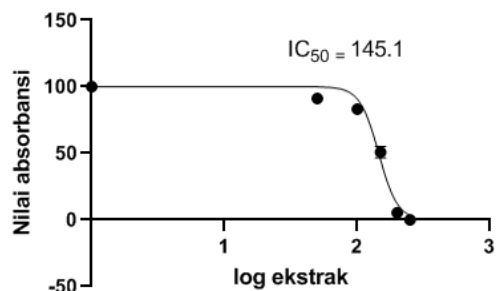
Lampiran 3. Uji Penghambatan Enzim Kolagenase

SAMPEL	KOSENTRASI	ULANGAN			IC50	STD	KATEGORI
		1	2	3			
NANOPARTIKEL	50	0.196	0.181	0.18	66.47	66.47 ± 6.352	KUAT
	100	0.147	0.136	0.133			
	150	0.135	0.131	0.130			
	200	0.059	0.057	0.056			
	250	0.055	0.053	0.059			
EKSTRAK	50	0.262	0.260	0.261	145.1	145.1 ± 6.326	SEDANG
	100	0.243	0.245	0.244			
	150	0.155	0.185	0.182			
	200	0.076	0.071	0.081			
	250	0.064	0.067	0.062			
ASAM ASKORBAT	2	0.165	0.163	0.164	1.695	1.695 ± 0.00186	SANGAT KUAT
	4	0.163	0.162	0.16			
	6	0.157	0.158	0.16			
	8	0.147	0.144	0.147			
	10	0.132	0.131	0.132			

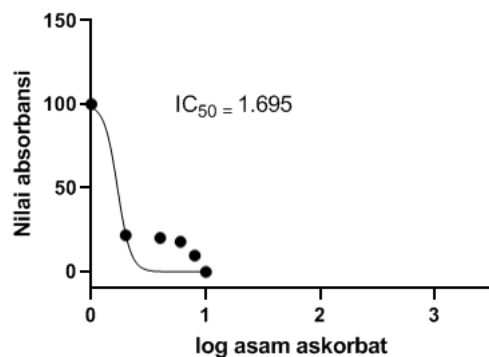
Penghambatan Enzim Kolagenase



Penghambatan Enzim Kolagenase



Penghambatan Enzim Kolagenase



Lampiran 4. Perhitungan

1. Pembuatan Larutan AgNO₃ 1mM

Diketahui, berat molekul (BM) AgNO₃ = 169,87

Konsentrasi yang dibutuhkan (M) : 1 mM

Volume yang dibutuhkan (V) : 500mL

Ditanya : massa (m) AgNO₃ untuk membuat 500mL konsentrasi 1 mM

Jawab:

$$\text{Rumus: } M = \frac{m}{BM \times V} \longrightarrow \frac{1}{1000} = \frac{m}{169,87 \times 0,5} \longrightarrow m = 84 \text{ mg}$$

2. Pembuatan Larutan Stok Sampel Pengujian Antioksidan Dan Penghambatan

Enzim Kolagenase Nanopartikel Alga Coklat *Fucus vesiculosus*

1) Pembuatan 50 ppm dalam 5 mL

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

$$mg = ppm \times L = 50 \times 0,005 = 0,25 \text{ mg}$$

2) Pembuatan 100 ppm dalam 5 mL

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

$$mg = ppm \times L = 100 \times 0,005 = 0,5 \text{ mg}$$

3) Pembuatan 150 ppm dalam 5 mL

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

$$\text{mg} = \text{ppm} \times L = 150 \times 0,005 = 0,75 \text{ mg}$$

4) Pembuatan 200 ppm dalam 5 mL

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

$$\text{mg} = \text{ppm} \times L = 200 \times 0,005 = 1 \text{ mg}$$

5) Pembuatan 250 ppm dalam 5 mL

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

$$\text{mg} = \text{ppm} \times L = 250 \times 0,005 = 1,25 \text{ mg}$$

3. Pembuatan Konsentrasi Larutan Asam Askorbat Sebagai Standar

Larutan stok asam askorbat dibuat menjadi 50 ppm

Pembuatan 50 ppm dalam 1000 mL

$$\text{Rumus: } \text{ppm} = \text{mg}/L \longrightarrow \text{mg} = \text{ppm} \times L = 50 \times 0,01 = 0,5 \text{ mg}$$

1) Pengenceran menjadi 2 ppm dalam 1 mL

$$\text{Rumus: } M_1.V_1 = M_2.V_2$$

$$50.V_1 = 2. 1 = V_1 = 0,04 \text{ mL} = 40 \text{ uL}$$

2) Pembuatan 4 ppm dalam 1 mL

$$\text{Rumus: } M_1.V_1 = M_2.V_2$$

$$50.V_1 = 4. 1 = V_1 = 0,08 \text{ mL} = 80 \text{ }\mu\text{l}$$

3) Pembuatan 6 ppm dalam 1 mL

Rumus: $M1.V1 = M2.V2$

$$50.V1 = 6.1 = V1 = 0,12 \text{ mL} = 120 \mu\text{l}$$

4) Pembuatan 8 ppm dalam 1 mL

Rumus: $M1.V1 = M2.V2$

$$50.V1 = 8.1 = V1 = 0,16 \text{ mL} = 160 \mu\text{l}$$

5) Pembuatan 10 ppm dalam 1 mL

Rumus: $M1.V1 = M2.V2$

$$50.V1 = 10.1 = V1 = 0,2 \text{ mL} = 200 \mu\text{l}$$

4. Pembuatan Konsentrasi Larutan Ekstrak Biasa

Ekstrak yang telah didapatkan encerkan menjadi beberapa konsentrasi sebagai berikut:

1) pembuatan 50 ppm dalam 5 mL

Rumus: $M1.V1 = M2.V2$

$$1000.V1 = 50.0,005 = V1 = 0,25 \text{ mL} = 250 \mu\text{l}$$

2) Pembuatan 100 ppm dalam 5 mL

Rumus: $M1.V1 = M2.V2$

$$1000.V1 = 100.0,005 = V1 = 0,5 \text{ mL} = 500 \mu\text{l}$$

3) Pembuatan 150 ppm dalam 5 mL

Rumus: $M1.V1 = M2.V2$

$$1000.V1 = 150 \cdot 0,005 = V1 = 0,75 \text{ mL} = 750 \mu\text{l}$$

4) Pembuatan 200 ppm dalam 5 mL

$$\text{Rumus: } M1.V1 = M2.V2$$

$$1000.V1 = 200 \cdot 0,005 = V1 = 1 \text{ mL} = 1000 \mu\text{l}$$

5) Pembuatan 250 ppm dalam 5 mL

$$\text{Rumus: } M1.V1 = M2.V2$$

$$1000.V1 = 250 \cdot 0,005 = V1 = 1,25 \text{ mL} = 1250 \mu\text{l}$$

5. Pembuatan Larutan Stok Dpph 0,1 Mm Dalam 50 Ml

Berat Molekul (BM) senyawa = 394,32

Volume (V) Larutan = 50 mL

$$M = \frac{m}{BM \times V} = \frac{1}{10000} = \frac{m}{394,32 \times 0,05} = 1,97 \text{ mg}$$