

PENGARUH LAMA PENYIMPANAN EKSTRAK KASAR MAKROALGA *ULVA LACTUCA* TERHADAP KESTABILAN PIGMEN FOTOSINTESIS

THE EFFECT OF STORAGE TIME OF *ULVA LACTUCA* MACROALGAE CRUDE EXTRACT ON PHOTOSYNTHETIC PIGMENTS STABILITY

Nurani Hasanela^{1*}, Nelson Gaspersz², Rosita Silaban³, Mario Rowan Sohila⁴

^{1,2,4} Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pattimura, Ambon, Indonesia

³ Program Studi Teknologi Kelautan, Jurusan Teknologi Hasil Perikanan, Politeknik Perikanan Negeri Tual Kabupaten Maluku Tenggara, Indonesia

*Email: nurani.hasanela@yahoo.co.id

Diterima: 27 September 2020. Disetujui: 20 Oktober 2020. Dipublikasikan: 28 Desember 2020

Abstrak: Banyak kandungan senyawa kimia bermanfaat dalam makroalga yang bernilai ekonomi tinggi tetapi belum diteliti secara luas, seperti pigmen fotosintesis. Peningkatan kebutuhan pigmen fotosintesis pada dunia industri menyebabkan pencarian sumber alternatif pigmen fotosintesis masih terus dilakukan diantaranya dari makroalga. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh lama penyimpanan ekstrak kasar makroalga *Ulva lactuca* terhadap kestabilan pigmen fotosintesis. Tahapan penelitian meliputi, isolasi pigmen fotosintesis, pemurnian menggunakan kromatografi kolom silika, karakterisasi pigmen fotosintesis dengan KLT dan spektrofotometer UV-Vis. Hasil KLT dari ekstrak kasar *Ulva lactuca* dalam penelitian ini menunjukkan adanya perbedaan jumlah dan jenis pigmen fotosintesis yang ditandai dengan warna yang mencolok antara ekstrak kasar *Ulva lactuca* yang diekstrak langsung dan dibiarkan kurang lebih 3 hari. Pada hasil kromatogram menunjukkan bahwa ada 7 fraksi pigmen fotosintesis dan memiliki warna yang sangat mencolok yang diekstrak secara langsung, sedangkan ekstrak kasar yang dibiarkan kurang lebih 3 hari menunjukkan hanya 5 fraksi pigmen fotosintesis dengan warna yang agak pucat. Fraksinasi dengan kromatografi kolom silika gel menunjukkan adanya pigmen fotosintesis sebanyak 29 fraksi. Setelah diidentifikasi dengan spektrofotometer UV-Vis ada 4 fraksi utama yaitu β -karoten, fukoxantin, klorofil *a*, dan feofitin *a*. Lama penyimpanan terhadap ekstrak kasar *Ulva lactuca* mempengaruhi pigmen fotosintesis secara kualitatif dan kuantitatif.

Kata Kunci : Ekstrak kasar, Fraksi, Pigmen fotosintesis, *Ulva lactuca*.

Abstract: There are many benefits of chemical compounds in macroalgae that have a high economic value but have not been widely studied, such as photosynthetic pigments. The increasing demand for photosynthetic pigments in industry causes the seeking for the alternative sources, including from macroalgae. The aim of this study was to determine the effect of storage time of *Ulva lactuca* macroalgae crude extract on photosynthetic pigments stability. The research stages were the isolation of photosynthetic pigments, purification using silica column chromatography and characterization using TLC and UV-Vis spectrophotometer. The TLC results of the study showed that the amount and type of photosynthetic pigments had significant differences between the crude extract of *Ulva lactuca* that were directly extracted which left for 3 days. There were 7 fractions of photosynthetic pigments with very striking color from crude extract which was extracted directly, meanwhile the crude extract which left for 3 days showed only 5 fractions of photosynthetic pigments with pasty color. Fractionation by silica gel column chromatography showed 29 fractions of photosynthetic pigments. After the pigments of photosynthetic were being identified with a UV-Vis spectrophotometer, there were 4 main fractions, namely β -carotene, fucoxanthin, chlorophyll *a*, and pheophytin *a*. The storage time for the crude extract of *Ulva lactuca* influenced the photosynthetic pigments qualitatively and quantitatively.

Keywords: *Crude extract, Fractions, Photosynthetic pigments, Ulva lactuca.*

PENDAHULUAN

Selain sebagai produk pangan, potensi lain dari makroalga jenis *Ulva lactuca* yaitu dapat dijadikan antioksidan, biogas dan bioetanol. Banyak kandungan kimia bermanfaat lainnya dalam makroalga yang bernilai ekonomi tinggi tetapi belum diteliti secara luas, seperti pigmen fotosintesis. Pada umumnya, sumber pigmen fotosintesis berasal dari sayur-sayuran dan buah-buahan. Namun,

peningkatan kebutuhan pigmen fotosintesis pada dunia industri seperti industri pangan, industri kosmetik dan industri kesehatan, menyebabkan pencarian sumber alternatif pigmen fotosintesis masih terus dilakukan diantaranya dari makroalga. Pada industri pangan, Pigmen fotosintesis digunakan sebagai pewarna alami [1]. Pada bidang kesehatan, pigmen fotosintesis dapat dimanfaatkan sebagai antioksidan dalam perlindungan sel akibat radikal

bebas yang dapat menyebabkan berbagai jenis kanker, serangan jantung dan penuaan dini [2].

Kelompok besar pigmen fotosintesis dari makroalga *Ulva lactuca* terdiri dari klorofil dan karotenoid. Klorofil sendiri terbagi atas klorofil a, b, c dan d. Perbedaan warna pada klorofil a dan klorofil b diakibatkan oleh terjadinya pergeseran ke daerah hijau sehingga mengakibatkan klorofil a berwarna hijau kebiruan sedangkan klorofil b berwarna hijau kekuningan [3]. Pigmen-pigmen fotosintesis seperti klorofil dan karotenoid memiliki kelemahan yaitu mudah terdegradasi pada kondisi fisik dan kimia seperti suhu, cahaya matahari, pH dan oksigen menjadi senyawa-senyawa turunannya [4].

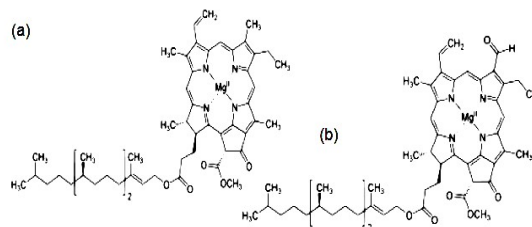
Ulva lactuca (selada laut) merupakan salah satu jenis makroalga hijau, mempunyai kandungan antioksidan, antibakteri, antijamur dan antitumor [5]. *Ulva lactuca* memiliki panjang kurang lebih 100 cm dan berwarna hijau apel terang, bentuknya berupa lembaran atau helaian-helaian tipis seperti daun selada dengan tepi bergelombang (Gambar 1). *Ulva lactuca* bersifat eukariotik, memiliki klorofil sehingga dapat berfotosintesis dan hidupnya berada di perairan dangkal.



Gambar 1. Selada laut *Ulva lactuca*

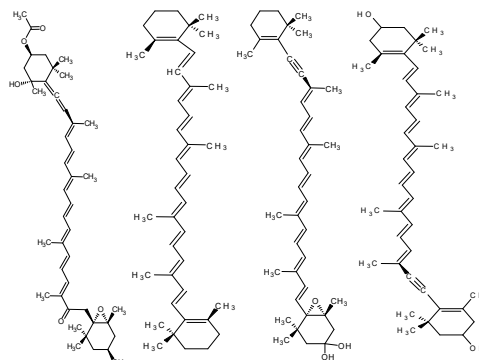
Penelitian tentang pemanfaatan lamun belum banyak dilaporkan, tetapi baik kegunaannya dibidang pangan, farmasi dan industri rumah tangga telah dilaporkan dengan menggunakan lamun sebagai bahan utama. Pigmen dari tanaman lamun termasuk salah satu produk yang menarik untuk diteliti karena berhubungan dengan metabolisme sel. Dua jenis pigmen yang sangat berperan penting dalam proses fotosintesis yaitu klorofil dan golongan karotenoid [6].

Klorofil merupakan senyawa bercincin pirol dengan ion Mg^{2+} pada pusatnya, yang mengandung sebuah cincin isosiklik segilima yang disebut porfirin (Gambar 2). Klorofil juga memiliki rantai panjang alkohol terpenoid yang berperan penting pada proses fotosintesis disebut sebagai fitil. Namun, rantai fitil ini tidak ditemukan pada klorofil c di diatom. Klorofil menyerap cahaya biru-violet dan merah sehingga dapat mengekspresikan warna hijau. Struktur pigmen klorofil a dan klorofil b ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Gambar klorofil a (a) klorofil b (b)
(Gross, 1991)

Saat ini lebih dari 700 jenis senyawa karotenoid berhasil diidentifikasi di alam (Gambar 3). Senyawa karotenoid umumnya disintesis dari tanaman, alga dan beberapa mikroorganisme. Karotenoid dikelompokkan ke dalam senyawa karoten dan senyawa xantofil. Ada tujuh jenis senyawa karotenoid yang ditemukan pada diatom. Contoh senyawa karoten yang paling banyak diketahui adalah β -karoten, Contoh senyawa xantofil adalah fukoxantin, diatoxantin, diadinoxantin, zeaxantin, anteraxantin dan violaxantin. Warna senyawa karotenoid sangat bervariasi mulai dari warna kuning, oranye, hingga merah [7].



Gambar 3. Beberapa contoh struktur senyawa karotenoid yang terdapat di alam. Fukoxantin (a), β -karoten (b), diadinoxantin (c), dan diatoxantin

METODE PENELITIAN

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah heksana (pa Merck), aseton (pa Merck), silika gel 60 G (Merck 7733), aquades, aluminium foil, aseton teknis, dan plat KLT, sedangkan alat yang digunakan *chamber* KLT, kolom kromatografi, dan spektrofotometer UV-Vis.

Ekstraksi Pigmen Fotosintesis dari Biomassa Kering Makroalga

Makroalga yang diperoleh dari lapangan dikeringkan selama ± 24 jam dengan pengering beku dalam kondisi vakum dengan tujuan untuk mengurangi kandungan air tanpa merusak pigmen fotosintesis yang akan diekstrak. Berat biomassa kering ditimbang dengan neraca analitik sebanyak 0,5 g dan dilarutkan dalam 10 mL aseton p.a kemudian dihomogenasi selama 3 menit dan 1 menit istirahat. Siklus berikutnya ditambahkan 5 mL aseton dengan siklus yang sama sampai larutan aseton

hampir tidak berwarna lagi. Ekstrak pigmen fotosintesis didinginkan dalam penangas es. Ekstrak kasar pigmen fotosintesis kemudian disentrifugasi dengan kecepatan 4500 rpm selama 10 menit untuk mengambil supernatannya. Untuk mendapatkan ekstrak pigmen fotosintesis, pelarut yang terdapat dalam supernatan diuapkan dengan mengalirkan gas N_2 .

Karakterisasi Pigmen Fotosintesis dengan Kromatografi Lapis Tipis (KLT)

KLT dilakukan untuk mengetahui jumlah dan jenis pigmen fotosintesis yang telah berhasil diekstraksi. Sebanyak 25 μ L ekstrak kasar pigmen ditotolkan pada pelat silika berukuran 3×10 cm. Ruang bejana KLT dijenuhkan dengan eluen heksana:aseton (7:3) selama 30 menit. Pelat kemudian dielusasi dalam bejana KLT. Jarak noda diukur dan nilai faktor rentensi (R_f) dari masing-masing pigmen fotosintesis ditentukan.

Pemurnian Pigmen Fotosintesis

Pigmen fotosintesis murni dapat diperoleh dengan menggunakan teknik pemisahan kromatografi kolom silika gel. Silika 60 G (merck 7733) digunakan sebagai matriks kolom dan gradien eluen heksana:aseton (4:1, 3:2, 2:3, dan 1:4 v/v) sebagai fasa gerak. Sebanyak 10 g Silika 60 G (merck 7733) ditimbang, kemudian direndam dalam 20 mL pelarut heksana:aseton (4:1) $\pm 12-24$ jam. Selanjutnya silika dimasukkan ke dalam kolom dan dialiri eluen sampai terbentuk kolom yang padat dengan panjang kolom 45 cm dan berdiameter 1,5 cm. Sebanyak ± 50 mg ekstrak kasar pigmen fotosintesis dicampurkan dengan 1 g silika 60 G (merck 7733), selanjutnya dimasukkan ke dalam kolom secara perlahan. Selanjutnya kecepatan elusi diatur 0,15 mL/menit (± 12 jam). Pemurnian dilakukan dalam ruang gelap dan pada suhu ruang untuk menjaga kestabilan pigmen fotosintesis. Fraksi pigmen fotosintesis ditampung dalam tabung mikrotube 1,5 mL dan disimpan pada -20°C untuk mencegah terjadinya kerusakan pigmen akibat suhu dan cahaya yang berlebihan.

Karakterisasi Pigmen Fotosintesis

Senyawa klorofil dan karotenoid yang terdapat dalam fraksi pigmen fotosintesis dikarakterisasi dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Ekstrak kasar sampel ditempatkan pada spektrofotometer UV-Vis dan dilakukan pemindaian serapan dengan panjang gelombang dari 380-800 nm. Jenis pigmen dari masing-masing fraksi dianalisis dari spektrum UV-Visnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Morfologi *Ulva lactuca*

Karakteristik morfologi *Ulva lactuca* berwarna hijau terang, berupa lembaran tipis mirip dengan daun selada sehingga biasa disebut selada laut. Sebelum melakukan proses ekstraksi, *Ulva lactuca*

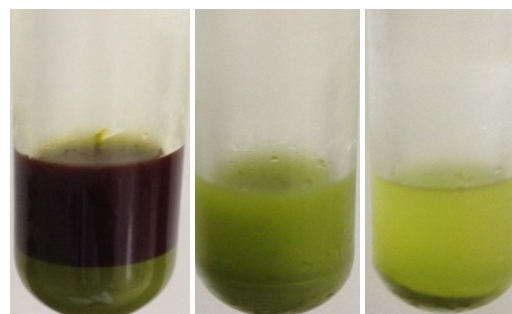
dikeringkan dengan menggunakan *freeze dry* untuk menjaga kestabilan struktur sampel yang sensitif terhadap panas. *Ulva lactuca* yang dihasilkan dari pengeringan *freeze dry* berupa biomassa kering berwarna hijau pucat. Pengeringan biomassa *Ulva lactuca* dimaksudkan agar sel-sel *Ulva lactuca* dapat tahan lama dan tidak berjamur. Biomassa basah dan biomassa kering *Ulva lactuca* dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Biomassa basah (a) dan biomassa kering (b)

Ekstrak Pigmen Fotosintesis *Ulva lactuca*

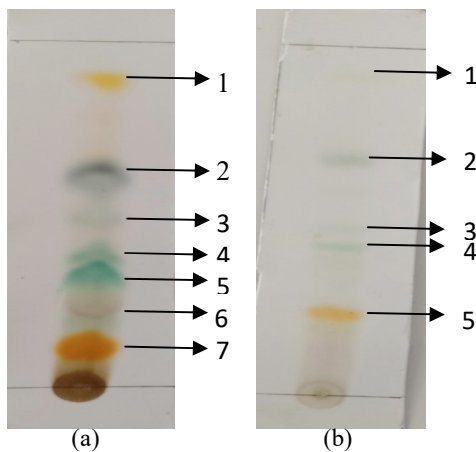
Ekstraksi pigmen dilakukan untuk mengeluarkan ekstrak pigmen dari sel makroalga *Ulva lactuca*. Pada penelitian ini, aseton digunakan sebagai pelarut organik untuk mengekstrak pigmen fotosintesis *Ulva lactuca*. Kestabilan pigmen fotosintesis sangat dipengaruhi oleh faktor fisik dan kimia diantaranya cahaya, pH, oksigen dan suhu. Oleh sebab itu, ekstraksi pigmen fotosintesis dilakukan dalam suasana gelap dan diberi penangas es. Keberhasilan ekstraksi pigmen fotosintesis ditandai dengan pecahnya sel *Ulva lactuca*, menghasilkan ekstrak hijau pekat sampai berubah menjadi warna hijau pucat. Cairan supernatan pigmen fotosintesis yang diperoleh disebut sebagai ekstrak kasar pigmen fotosintesis. Selanjutnya, ekstrak kasar pigmen fotosintesis ini disimpan selama kurang lebih 3 hari di dalam lemari pendingin. Hal ini dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh lama penyimpanan terhadap kestabilan pigmen fotosintesis. Perubahan warna proses ekstraksi makroalga *Ulva lactuca* dapat ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Perubahan warna proses ekstraksi makroalga *Ulva lactuca*

KLT dari Ekstrak Kasar Pigmen Fotosintesis

Karakterisasi Kromatografi Lapis Lipis (KLT) dilakukan untuk mengetahui jumlah dan jenis pigmen fotosintesis yang terkandung dalam ekstrak kasar *Ulva lactuca*. Ekstrak kasar pigmen fotosintesis dielusi pada pada plat KLT ukuran 3x10 cm, yang tersusun oleh matriks silika dengan menggunakan eluen n-heksana:aseton (7:3 v/v). Pada penelitian ini, dilakukan dua perlakuan yaitu, ekstrak kasar yang langsung dikarakterisasi KLT dan ekstrak kasar yang disimpan kurang lebih 3 hari selanjutnya dikarakterisasi dengan KLT. Kromatogram menunjukkan perbedaan jumlah dan jenis pigmen fotosintesis yang mencolok gambar 6.



Gambar 6. Kromatogram pigmen fotosintesis dari ekstrak kasar yang langsung di KLT (a) dan yang dibiarkan kurang lebih 3 hari (b).

Kromatogram pigmen fotosintesis dari ekstrak kasar *Ulva lactuca* yang langsung di KLT (Gambar 6a) menunjukkan pita serapan yang sangat tebal dan memiliki warna yang sangat mencolok. Pada kromatogram ini, ada 7 pita serapan tebal yang menunjukkan jenis-jenis pigmen fotosintesis yaitu β -karoten (pita No.1) ditandai dengan warna kuning atau warna orange, feofitin *a* (pita no.2) berwarna abu kecoklatan. Feofitin *a* merupakan turunan dari klorofil *a* tanpa adanya ion Mg^{2+} . Klorofil *a* (pita no.4,5) memiliki warna yang khas yaitu hijau kebiruan yang memiliki pita sangat tebal. Klorofil *a* merupakan prekursor biosintesis menghasilkan klorofil *b*. Pada kromatogram ini tidak menunjukkan adanya klorofil *b*, padahal klorofil *b* banyak terdapat pada jenis makroalga [8]. Hal ini disebabkan karena klorofil *b* sangat sensitif dan mudah terdegradasi yang disebabkan oleh panas dan lama penyimpanan [9]. Antosianin diduga pada (pita No.6) yang ditunjukkan adanya warna ungu pada kromatogram. Fukosantin (pita No.7) sangat terlihat jelas dengan warna orange kemerahan. Kromatogram ekstrak kasar pigmen fotosintesis yang dibiarkan kurang lebih 3 hari menunjukkan warna yang pudar dan pita serapan yang tidak terlalu tebal hanya sebanyak 5 pita pada plat KLT (Gambar 6b). Dari kromatogram ini, menunjukkan ada 2 pigmen fotosintesis yang tidak muncul. Hal ini disebabkan karena pigmen fotosintesis sangat mudah terdegradasi oleh faktor-faktor fisik seperti cahaya dan oksigen. Lama penyimpanan membuat pigmen fotosintesis yang berada dalam ekstrak kasar *Ulva lactuca* mengalami proses oksidasi panjang dan proses degradasi lebih lama sehingga menyebabkan sebagian pigmen hilang dan pudar warnanya (tidak stabil). Fraksi-fraksi pigmen fotosintesis dan nilai R_f *Ulva lactuca* dapat ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai R_f Pigmen fotosintesis *Ulva lactuca*

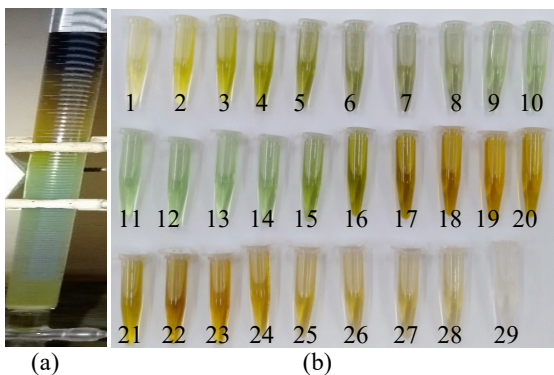
No	Warna	Nilai R_f	Prediksi Pigmen	Ekstrak kasar langsung di KLT	Ekstrak kasar (Lama penyimpanan) \pm 3 hari
1	Kuning	0,9-0,98	β -karoten	√	√
2	Hijau abu-abu	0,47-0,63	Feofitin <i>a</i>	√	√
3	Hijau muda	0,3-0,37	klorofillida	√	-
4	Hijau kebiruan	0,27-0,33	Klorofil <i>a</i> 1	√	√
5	Hijau kebiruan	0,26	Klorofil <i>a</i> 2	√	√
6	Ungu	0,22	Antosianin	√	-
7	Orange	0,1-0,2	Fucoxantin	√	√
Total Fraksi				7	5

Fraksinasi dengan Kromatografi Kolom Silika Gel

Kromatografi kolom silika gel bertujuan untuk memisahkan pigmen fotosintesis *Ulva lactuca* murni berdasarkan tingkat kepolaran (Gambar 7). Pigmen fotosintesis yang merupakan senyawa berwarna menyebabkan proses pemisahan dapat diamati dengan mudah secara visual. Pemurnian kromatografi kolom silika akan memisahkan pigmen fotosintesis berdasarkan kepolarannya, dengan fasa

diam silika dan fasa gerak heksana:aseton. Pigmen fotosintesis yang memiliki kepolaran tinggi akan terikat kuat pada silika, sementara pigmen fotosintesis dengan kepolaran lebih rendah akan lebih mudah terbawa oleh fasa gerak [9] Kondisi pemurnian pigmen fotosintesis *Ulva lactuca* dengan kromatografi kolom silika gel dapat ditunjukkan pada Tabel 2. Fraksi pigmen fotosintesis dari ekstrak kasar *Ulva lactuca* yang dibiarkan selama 3 hari diperoleh sebanyak 29 fraksi. Sebelum melakukan

pemurnian, silika gel yang digunakan direndam dalam n-heksan:aseton sekitar 12-24 jam sehingga volume dari silika menjadi lebih besar. Selain itu ekstrak kasar pigmen fotosintesis yang akan diinjeksikan ke dalam kolom harus mengalami impregnasi atau peresapan pada silika. Hal ini dilakukan untuk menyeragamkan fasa antara pigmen dan kolom sehingga mempermudah penetrasi pigmen fotosintesis ke dalam kolom. Kondisi pemurnian pigmen fotosintesis *Ulva lactuca* dengan kromatografi kolom silika gel ditunjukkan pada Tabel 2.



Gambar 7. Kolom kromatografi silika gel (a) dan pigmen fotosintesis hasil pemisahan (b)

Pemurnian pigmen fotosintesis *Ulva lactuca* yang dilakukan ditunjukkan pada (Gambar 7a) dimana pigmen akan memasuki kolom dan komponen penyusunnya akan terpisah berdasarkan afinitasnya terhadap fasa diam (silika) dan fasa gerak (eluen n-heksan:aseton). Pigmen fotosintesis yang ada dalam kolom kromatografi menunjukkan kondisi yang sama pada uji karakterisasi dengan plat KLT karena pigmen yang terlihat memiliki jenis yang sedikit dan berwarna pucat. Hal ini disebabkan karena lama penyimpanan juga mempengaruhi kestabilan dari pigmen fotosintesis [9]. Fraksi-fraksi pigmen fotosintesis hasil pemurnian dikumpulkan dan diperoleh sebanyak 29 fraksi (Gambar 7b), dimana diduga β -karoten sebanyak 5 fraksi, feofotin *a* sebanyak 4 fraksi, klorofil *a* sebanyak 6 fraksi dan fukoxantin sebanyak 14 fraksi. Selanjutnya akan dianalisis lebih lanjut menggunakan spektrofotometer sinar tampak pada panjang gelombang 380-800 nm untuk mengetahui secara pasti jenis dari pigmen fotosintesis.

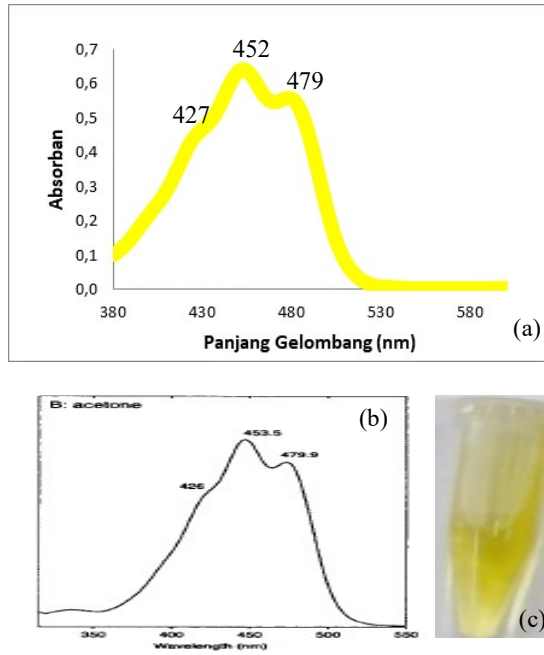
Tabel 2. Kondisi kolom, sampel, dan pemisahan

Kondisi Kolom dan Sampel	
Matriks	Silika 60 G
Ukuran partikel	200–500 μm
Luas permukaan spesifik	450–500 m^2/g
Jumlah sampel	± 50 mg Pigmen fotosintesis, diimpregnasi dalam 1 g silika
Kondisi Pemisahan	
Tinggi kolom	35–45 cm
Diameter kolom	0,785 cm^2
Volume kolom	23–28 cm^3
Laju alir linier	6,5 cm/jam
Laju alir eluen	0,15 mL/menit
Eluen	Heksana: aseton (4:1, 3:2, 2:3, dan 1:4)

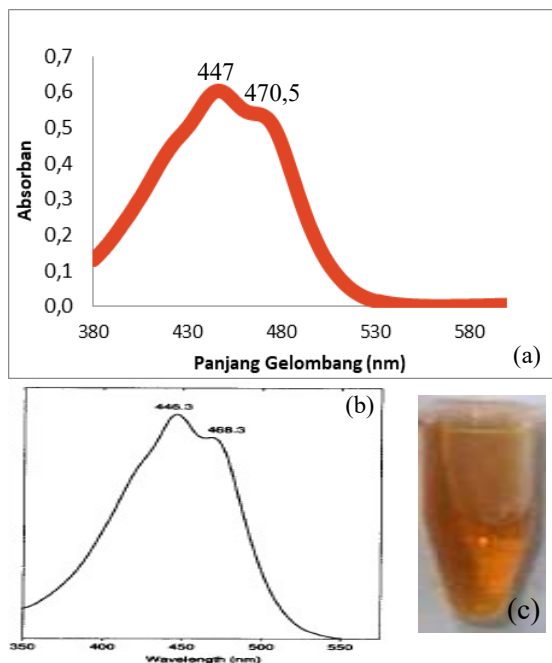
Identifikasi Fraksi Pigmen Fotosintesis *Ulva lactuca* dengan Spektrofotometer UV-Vis

Pengujian dengan menggunakan spektrofotometri sinar tampak ditujukan untuk melihat serapan spesifik pigmen fotosintesis pada daerah sinar tampak. Pigmen fotosintesis merupakan senyawa berwarna yang memiliki gugus kromofor yang dapat menyerap energi pada panjang gelombang yang cukup tinggi (400-800 nm). Jumlah heteroatom dan ikatan rangkap terkonjugasi dalam struktur pigmen fotosintesis akan menentukan daerah serapan karakteristik, sehingga dapat digunakan sebagai analisis kuantitatif pigmen fotosintesis [10]. Secara umum, pigmen fotosintesis terbagi atas 2 kelompok yaitu klorofil dan karotenoid. Karotenoid memiliki serapan panjang gelombang khas 3 puncak pada daerah 400-500 nm. Berdasarkan pemurnian yang telah dilakukan, diduga ada 2 fraksi karotenoid yang berhasil diisolasi dari *Ulva lactuca*.

Fraksi pertama yang berhasil teridentifikasi yaitu β -karoten. β -karoten berwarna kuning cerah, bersifat sangat nonpolar dan memiliki karakteristik serapan 3 puncak dengan serapan utama pada 452 nm, serapan pada bahu kiri dan kanan 427 dan 479 nm (Gambar 8a). Hal ini bersesuaian dengan spektrum standar β -karoten, 453,5 dan 479,9 nm serta bahu puncak 426 nm (Gambar IV. 8b). β -karoten termasuk salah satu golongan karotenoid yang berfungsi sebagai pelindung sel (Jeffrey, dkk., 1997). Fraksi β -karoten dapat dilihat pada (Gambar 8c).



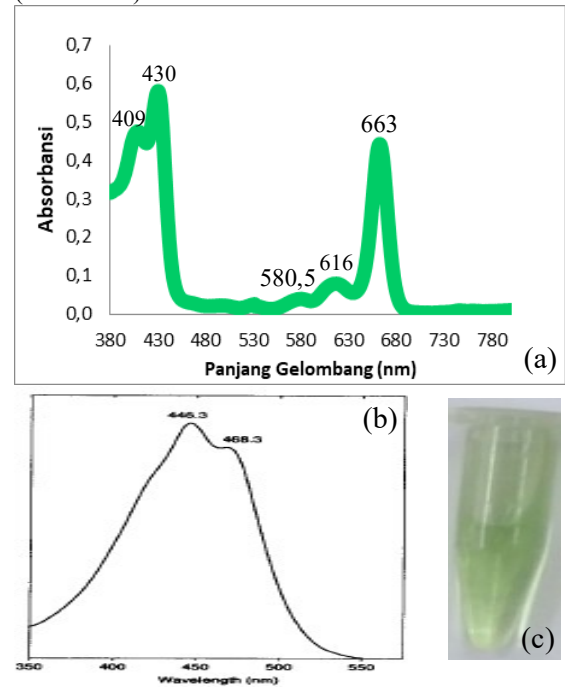
Gambar 8. Spektrum β -karoten makroalga *Ulva lactuca* (a), Spektrum β -karoten standar (b), dan fraksi β -karoten (c).



Gambar 9. Spektrum absorpsi dan fraksi fucoxantin. Spektrum fucoxantin (a), spektrum fucoxantin standar (b) dan fraksi fucoxantin (c).

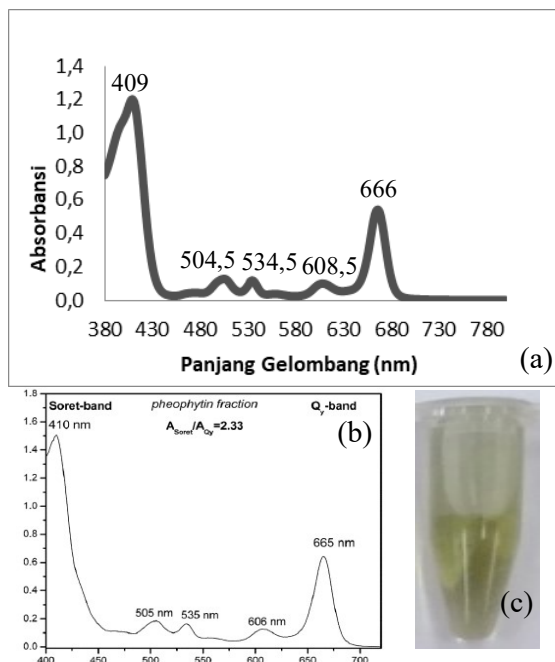
Karotenoid lain yang berhasil diisolasi dan diidentifikasi dari *Ulva lactuca* adalah fucoxantin (Gambar 9). Fucoxantin berwarna oranye kemerahan dan memiliki puncak serapan maksimum pada daerah 447 dan 470,5 nm (Gambar 9a). Hal ini bersesuaian dengan puncak serapan standar yaitu 446,3 dan 468,3 nm (Gambar 9b). Fucoxantin dilihat

dari tingkat kepolaran, memiliki kepolaran yang lebih tinggi dibandingkan β -karoten karena adanya gugus hidroksi. Fraksi fucoxantin dapat dilihat (Gambar 9c).



Gambar 10. Spektrum absorpsi dan fraksi klorofil *a*. Spektrum klorofil *a* (a), spektrum klorofil *a* standar (b) dan fraksi klorofil *a* (c).

Kelompok pigmen fotosintesis lain dari *Ulva lactuca* adalah pigmen klorofil dan turunannya. Pigmen fotosintesis ini umumnya ditandai dengan serapan tajam pada 2 panjang gelombang spesifik yaitu daerah biru dan merah. Kelompok klorofil yang berhasil diidentifikasi adalah klorofil *a* yang merupakan pigmen fotosintesis utama. Puncak serapan utama klorofil *a* pada 430 dan 663 nm, menyerap agak lemah pada daerah 500 dan 600 nm (Gambar 10a) [11]. Hal ini bersesuaian dengan klorofil standar yang serapan utama berada pada daerah 430 dan 662 nm, serapan agak lemah pada 534, 581 dan 616 nm (Gambar 10b). Klorofil *a* merupakan pigmen utama penyerap cahaya yang terdapat dalam membran tilakoid yang berperan penting dalam proses fotosintesis. Fraksi Klorofil *a* dapat dilihat pada (Gambar 10c).



Gambar 11. Spektrum absorpsi dan fraksi feofitin *a*. Spektrum feofitin *a* (a), spektrum feofitin *a* standar (b) dan fraksi feofitin *a*

Fraksi kedua dari klorofil yang berhasil diisolasi dan teridentifikasi adalah feofitin *a* (Gambar 11). Feofitin *a* berwarna hijau kecoklatan merupakan turunan dari klorofil *a* tanpa adanya Mg^{2+} pada atom pusatnya karena klorofil *a* sangat sensitif mudah mengalami degradasi oleh panas atau cahaya. Feofitin *a* memiliki profil mirip dengan klorofil *a* dengan 2 puncak serapan. Perbedaan yang cukup signifikan adalah pada klorofil *a* mengalami pergeseran ke panjang gelombang yang lebih kecil. Puncak serapan yang berbeda dari klorofil *a* dan feofitin *a* menyebabkan kedua pigmen ini memiliki warna yang berbeda. Feofitin *a* yang menyerap pada daerah ungu dan merah menjadikan pigmen ini memiliki warna hijau kecoklatan. Berdasarkan spektrum absorpsi feofitin *a* memiliki serapan utama pada 409 dan 666 nm (Gambar 11a). Hal ini bersesuaian dengan feofitin *a* standar yaitu pada 410 dan 665 nm (Gambar 11b). Fraksi feofitin *a* dapat dilihat pada (Gambar 11c).

KESIMPULAN

Lama penyimpanan terhadap ekstrak kasar *Ulva lactuca* mempengaruhi pigmen fotosintesis secara kualitatif dan kuantitatif. Hal ini disebabkan karena proses oksidasi panjang dan proses degradasi lebih lama sehingga menyebabkan sebagian pigmen hilang dan pudar warnanya (tidak stabil).

DAFTAR PUSTAKA

[1] Philipe, J. B., (2011). Natural Food Colorants, *Natural Food Colorants*, 3

[2] Guedes, A. C., Amaro, H. M., & Malcata, F. X. (2011). Microalgae as Sources of Carotenoids. *Marine Drugs*, 9. 625-644.

[3] Gross J (1991), *Pigment in Vegetables. Chlorophyll and Carotenoids*, Van Nostrand Reinhold: New York.

[4] Darwis, D., Basri, A. S., & Iqbal. (2007). Pengawetan Klorofil Daun Katuk Sebagai Zat Pewarna Untuk Bahan DSSC (*Dye Sensitized Solar Cell*) Dengan Menggunakan Freeze Drying. *Gravitasi* 15(1).1-6.

[5] Arbi, B., Ma'ruf, W. F., & Romadhon. (2016). Aktivitas Senyawa Bioaktif Selada Laut (*Ulva lactuca*) Sebagai Antioksidan Pada Minyak Ikan. *Indonesian Journal of Fisheries Science and Technology*, 12(1).12-18.

[6] Britton, G., S. L. Jansen & H. Pfander. (1995). Carotenoids. 1B. *Spectroscopy*. Basel, Switzerland. Hal 347.

[7] Guiry. (2007). Algaebase. National University of Ireland Galway: Irlandia.

[8] Pareek, S., Sagar, N. A., González-Aguilar, G. A., Sharma, S., Kumar, V., Agarwal, T. & Yahia, E. M. (2017). Chlorophylls: *Chemistry and Biological Functions*. 269-284. Retrieved from: <https://www.researchgate.net/publication/319703059>.

[9] Rohmat, N., Ibrahim, R., & Riyadi, P. H. (2014). Pengaruh Perbedaan Suhu Dan Lama Penyimpanan Rumpuk Laut *Sargassum Polycystum* Terhadap Stabilitas Ekstrak Kasar Pigmen Klorofil. *Jurnal Pengolahan dan Bioteknologi Hasil Perikanan*, 3(1).118-126.

[10] Farasat M, Nejad RAK, Nabavi SMB, Namjooyan F. (2014) Antioxidant activity, total phenolics and flavonoid contents of some edible green seaweed from northern coasts of the Persian Gulf. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, 13(1).163-170.

[11] Lehninger, A. L. 1982. *Dasar-dasar Biokimia Jilid 1*. Alih bahasa, Maggi Thenawijaya. Erlangga: Jakarta