

## Sintesis dan Uji Fotostabilitas Kompleks Zn(II)-Astaxanthin

Winda Rahmalia<sup>1\*</sup>, Dwi Imam Prayitno<sup>2</sup>, Adhitiyawarman<sup>1</sup>, Septiani<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Tanjungpura University, Jl. Prof. Dr. H. Hadari Nawawi, Pontianak, Indonesia

<sup>2</sup>Department of Marine, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Tanjungpura University, Jl. Prof. Dr. H. Hadari Nawawi, Pontianak, Indonesia

Corresponding Author:  
Winda Rahmalia  
winda.rahmalia@chemistry.un  
tan.ac.id

Received: October 2022  
Accepted: March 2023  
Published: March 2023

©Winda Rahmalia et al. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

### Abstract

Astaxanthin is a pigment from the carotenoid group found in algae, shrimp, and crabs. Due to its chemical structure, astaxanthin has many health benefits but low stability against direct exposure to light and oxygen. In this study, the Zn-astaxanthin complex was synthesized using a reflux reactor at 37° and 60°C. Complex compounds were analyzed using a UV-Vis spectrophotometer and FTIR. The UV-Vis spectrophotometer analysis showed a bathochromic shift in acetone (475 to 477 nm). In comparison, in dimethyl sulfoxide, a hypsochromic shift (493 to 475 nm) was observed, and a new absorption peak was observed at 330 nm. FTIR analysis shows a decrease in the intensity of the C=O stretching vibration and -OH group vibration at 1712 and 1219 cm<sup>-1</sup>, respectively. This indicated an interaction between the metal ion Zn<sup>2+</sup> and astaxanthin. Zn-astaxanthin has better stability than astaxanthin during irradiation, using a halogen lamp at a light intensity of 300 W/m<sup>2</sup> for 6 hours. Based on the zero-order degradation kinetics model, the degradation rate constant of the Zn-astaxanthin complex was 0.0621, smaller than that of astaxanthin (0.0880).

**Keywords:** *Astaxanthin, complex, stability, degradation kinetics*

### Pendahuluan

Astaxanthin (C<sub>40</sub>H<sub>52</sub>O<sub>4</sub> atau 3,3'-dihidroksi-β-karoten-4,4'-dion) merupakan pigmen dari golongan karotenoid yang banyak ditemukan pada alga, udang, dan kepiting. Astaxanthin adalah jenis karotenoid turunan dari xantofil yang tidak bersifat prooksidan seperti β-karoten, likopen, zeaxanthin, dan lutein. Kehadiran gugus hidroksil (-OH) dan karbonil (C=O) pada setiap cincin ionon dengan perpanjangan dari sistem ikatan rangkap terkonjugasi 5 pada struktur astaxanthin menjelaskan potensi astaxanthin dengan

aktivitas antioksidan yang lebih tinggi dibandingkan β-karotenoid, vitamin E, dan vitamin C<sup>[1]</sup>. Astaxanthin juga dapat dimanfaatkan dalam kosmetik sebagai protektor sinar-UV dan anti-aging. Astaxanthin telah dilaporkan memiliki aktivitas anti-inflamasi, anti-kanker, meningkatkan respon imun, fungsi hati, jantung, kesehatan mata, persendian, dan prostat<sup>[2]</sup>.

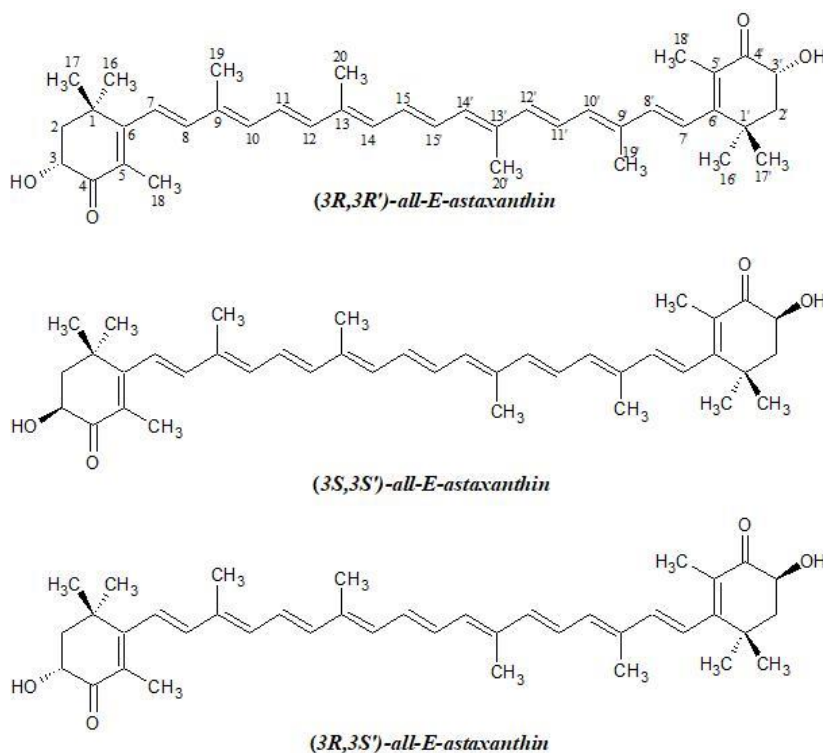
Bagian tengah nonpolar dari struktur kimia astaxanthin adalah serangkaian ikatan rangkap karbon-karbon yang bergantian dengan ikatan tunggal karbon-karbon yang disebut konjugasi.

Rangkaian ikatan rangkap terkonjugasi ini memberikan kekuatan bagi molekul tersebut untuk berperan sebagai antioksidan. Namun, oleh karena struktur konjugasi tersebut, astaxanthin juga memiliki kelemahan yaitu struktur rantai yang sangat tidak jenuh sehingga senyawa ini sangat sensitif terhadap panas, cahaya, dan kondisi oksidatif<sup>[1]-[4]</sup>. Struktur kimia astaxanthin dapat dilihat pada Gambar 1.

Upaya untuk mencegah terdegradasinya senyawa aktif bahan alam terutama pigmen alami dapat digunakan beberapa metode, di antaranya penyimpanan suhu rendah dan enkapsulasi. Aryayustama *et al.*<sup>[5]</sup>, melaporkan bahwa laju penurunan total pigmen karotenoid akibat proses oksidasi akan semakin cepat selama proses penyimpanan dengan suhu tinggi sekitar  $28 \pm 3$  -  $45 \pm 3^\circ\text{C}$ . Sementara metode enkapsulasi dapat menghilangkan warna pada pigmen akibat penggunaan suhu yang tinggi selama proses reaksi<sup>[6]</sup>. Cortez *et al.*<sup>[7]</sup>, menyatakan bahwa penambahan ion logam dapat meningkatkan stabilitas ekstrak pigmen berwarna. Zebib *et al.*<sup>[8]</sup> juga melakukan metode kompleksasi pada kurkumin menggunakan ion

logam transisi, dan melaporkan bahwa kurkumin terkompleksasi logam memiliki stabilitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan kurkumin murni. Rahmalia *et al.*<sup>[9]</sup>, mengkomplekskan bixin dengan Zn(II) untuk digunakan sebagai *sensitizer* pada sel surya tersensitasi pewarna, dan terbukti bahwa kompleksasi dapat meningkatkan stabilitas dan performa bixin sebagai *sensitizer*.

Dalam penelitian ini, astaxanthin telah dikomplekskan dengan ion logam *divalen* dari golongan transisi yaitu Zn(II). Logam golongan transisi cenderung mudah untuk membentuk ionik yang akan menghasilkan orbital kosong untuk terjadi proses serah terima pasangan elektron bebas (PEB) sehingga dapat membentuk senyawa kompleks. Ion logam Zn(II) dipilih sebagai agen pengompleks juga dikarenakan ion logam tersebut termasuk pada golongan asam *borderline* yang dapat berinteraksi dengan basa keras atau lunak. Atom O dari gugus karbonil (CO) astaxanthin akan berperan sebagai basa lunak Lewis yang kemudian dapat dengan mudah terikat pada ion logam Zn(II) sesuai dengan teori *Hard and Soft Acid Base* (HSAB) menurut Pearson<sup>[10]</sup>.



Gambar 1. Struktur stereoisomer *all-E-astaxanthin*<sup>[4]</sup>

Rahmalia et al.<sup>[9]</sup>, melaporkan bahwa kompleks karotenoid bixin menggunakan ion logam Zn(II) memiliki kemampuan menyerap foton dengan stabilitas yang lebih baik dibandingkan penggunaan ion logam Cu(II) sebagai agen pengompleks, dikarenakan Zn(II) bersifat sebagai katalisator redoks dan hanya memiliki satu keadaan valensi serta tidak dapat teroksidasi. Seng juga merupakan elemen esensial yang memiliki banyak manfaat kesehatan. Jadi, selain diperoleh senyawa astaxanthin yang lebih stabil, juga memiliki tambahan manfaat kesehatan dari Zn(II). Parameter stabilitas yang diuji dalam penelitian ini adalah kinetika degradasi kompleks logam astaxanthin akibat pengaruh cahaya dibandingkan dengan astaxanthin murni.

## Metodologi Penelitian

### Bahan kimia

Bahan-bahan yang digunakan antara lain astaxanthin standar berupa (3S,3'S)-*trans*-astaxanthin *Blakeslea trispora* ( $\geq 97\%$ ) (Sigma Aldrich), seng(II)sulfat hidrat ( $\text{ZnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) (Merck), aseton ( $\text{CH}_3\text{COCH}_3$ ; 99,8%; Mallinckrodt Chemicals), dimetil sulfoksida ( $(\text{CH}_3)_2\text{SO}$ ; 99,5%; Merck), n-heksana ( $\text{C}_6\text{H}_6$ ; 95%; Merck).

### Peralatan

Peralatan yang digunakan adalah seperangkat alat gelas standar, oven (Memmert), *hotplate* (IKA C-MAG HS 7), neraca analitik (Bel Engineering M164A), lampu halogen 500 Watt, spektrofotometer UV-Vis (Shimadzu 1240), FTIR (Nicolet iS10), dan *solar power* meter (Model: SM206-SOLAR).

## Prosedur penelitian

### Sintesis Senyawa Kompleks Zn(II)-Astaxanthin

Sintesis kompleks Zn(II)-astaxanthin dilakukan dengan mengadopsi metode Rahmalia et al. Prekursor logam yang digunakan adalah  $\text{ZnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  yang terlebih dahulu dipanaskan pada  $100^\circ\text{C}$  selama 24 jam, untuk menghilangkan kandungan hidrat dalam logam. Sintesis kompleks Zn(II)-astaxanthin

dilakukan dengan menimbang logam  $\text{ZnSO}_4$  sebanyak 14,7 mg dan astaxanthin sebanyak 54,5 mg untuk mendapatkan rasio mol astaxanthin:logam adalah 1:1. Astaxanthin dan logam  $\text{ZnSO}_4$  secara terpisah masing-masing dilarutkan dalam 30 mL aseton dan 1 mL akuades. Larutan astaxanthin lalu dimasukkan ke dalam labu refluks dan diaduk hingga homogen. Setelah larutan astaxanthin homogen, selanjutnya ditambahkan sedikit demi sedikit larutan logam  $\text{ZnSO}_4$  dan diaduk dengan *magnetic stirrer* hingga campuran astaxanthin dan logam menjadi homogen. Pemanasan dilakukan pada suhu  $37^\circ\text{C}$  selama 1 jam dan dilanjutkan suhu  $60^\circ\text{C}$  selama 1 jam. Produk yang dihasilkan dianalisis menggunakan kromatografi lapis tipis (KLT), spektrofotometer UV-Vis dan FTIR.

### Uji Fotostabilitas

Uji fotostabilitas astaxanthin dan kompleks Zn(II)-astaxanthin dilakukan dengan memodifikasi metode Gallardo-Cabrera & Rojas-Barahona<sup>[11]</sup>. Larutan uji disiapkan dengan melarutkan astaxanthin standar dan kompleks Zn(II)-astaxanthin dalam 100 mL aseton, selanjutnya diukur absorbansi dari masing-masing larutan uji menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada rentang panjang gelombang 200-800 nm, dengan absorbansi awal yang diinginkan sebesar satu. Jika larutan uji memiliki absorbansi lebih dari satu, maka dilakukan pengenceran dengan penambahan aseton, hingga diperoleh absorbansi satu.

Larutan uji selanjutnya dimasukkan sebanyak 5 mL ke dalam vial yang berbeda. Larutan uji disinari menggunakan sumber cahaya yang berasal dari lampu halogen 500 Watt pada intensitas cahaya  $300 \text{ Watt/m}^2$  selama 6 jam dengan interval lama penyinaran 1 jam, sedangkan untuk larutan uji yang dijadikan sebagai kontrol disimpan pada kondisi gelap dan dilapisi dengan *aluminium foil*, untuk menghindari kontak dengan cahaya. Selanjutnya, dilakukan analisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada rentang panjang gelombang 200-800 nm, untuk menganalisis penurunan absorbansi dari masing-masing larutan uji sebelum dan sesudah penyinaran.

Analisis laju degradasi astaxanthin dan kompleks Zn(II)-astaxanthin dilakukan menggunakan model kinetika reaksi orde nol, pertama dan kedua, dengan memplotkan  $A_0 - A_t$  vs  $t$  (model kinetika orde 0),  $\ln A_t/A_0$  vs  $t$  (model kinetika orde pertama) dan  $1/A_t - 1/A_0$  vs  $t$  (model kinetika orde kedua) dan ditentukan nilai R square ( $R^2$ ), serta konstanta laju degradasi masing-masing model kinetika yang digunakan.

## Hasil dan Diskusi

### Karakteristik kompleks Zn(II)-astaxanthin

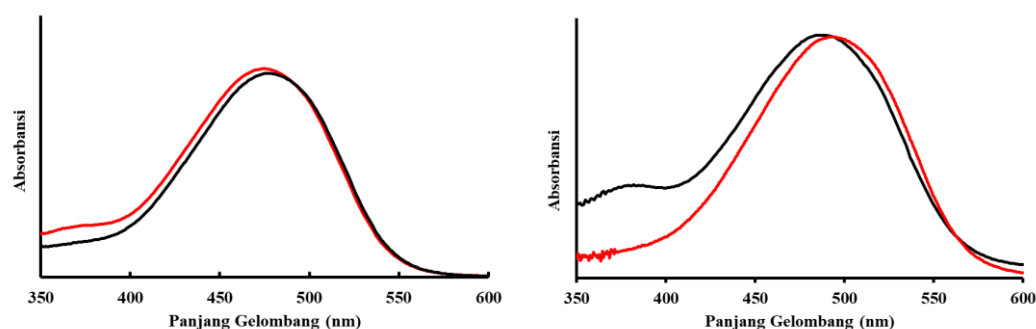
Monitoring awal telah berhasil terbentuknya senyawa kompleks Zn(II)-astaxanthin diindikasikan oleh hasil analisis menggunakan kromatografi lapis tipis (KLT) (Gambar 2). Pada analisis KLT, fasa diam yang digunakan adalah silika gel 60 F254, sedangkan fasa gerak atau eluen berupa campuran heksana dan aseton (3:1 v/v), yang menunjukkan spot astaxanthin standar dengan  $R_f$  0,45. Setelah reaksi selama 60 menit, terjadi penurunan  $R_f$  menjadi 0,34. Hal ini dikarenakan adanya pengaruh penambahan logam yang berinteraksi dengan astaxanthin, sehingga terdapat perbedaan sifat kepolaran antara astaxanthin standar dengan produk yang terbentuk (kemungkinan besar adalah kompleks Zn(II)-astaxanthin). Nilai  $R_f$  dari kompleks yang lebih kecil dari astaxanthin menunjukkan bahwa senyawa kompleks yang terbentuk lebih polar karena terdistribusi pada fase diam (silika) yang bersifat lebih polar daripada fasa gerak.

Astaxanthin memiliki spektra absorpsi yang kuat pada rentang panjang gelombang pada 400-500 nm, hal ini dipengaruhi oleh adanya ikatan rangkap terkonjugasi yang berperan dalam proses penyerapan cahaya dan menyebabkan astaxanthin berwarna jingga hingga merah. Gugus karbonil (C=O) dan ikatan rangkap terkonjugasi (C=C) dari astaxanthin memberikan kemampuan untuk menyerap energi direntang panjang gelombang sinar tampak<sup>[11]</sup>. Terdapat perbedaan serapan maksimum astaxanthin dalam pelarut yang berbeda yaitu pada 475 nm (dalam aseton) dan 493 nm (dalam dimetil sulfoksida) (Gambar 3). Perbedaan ini dipengaruhi oleh adanya interaksi antara molekul zat terlarut dengan pelarut akibat adanya perbedaan nilai konstanta dielektrik ( $\epsilon$ ) dan indeks refraktif ( $n$ ) yang signifikan dari aseton dan dimetil sulfoksida masing-masing sebesar 21,01; 47 dan 1,358; 1,479 (pada 20 °C)<sup>[12]</sup>.

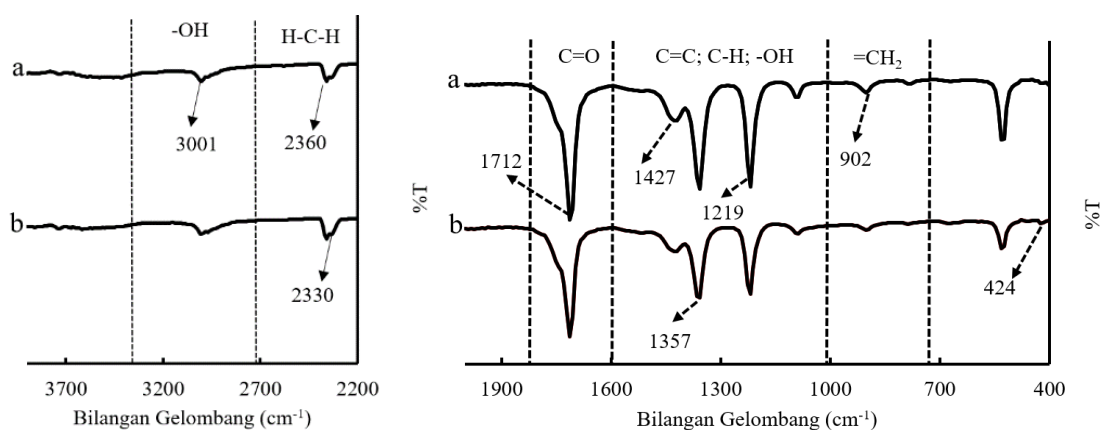
Gambar 3 menunjukkan spektra absorpsi kompleks Zn(II)-astaxanthin bergeser ke arah panjang gelombang yang lebih panjang (*bathochromic shift*) sebesar 2 nm (477 nm) dalam pelarut aseton, dan ke arah panjang gelombang yang lebih pendek (*hipsochromic shift*) dalam pelarut dimetil sulfoksida sebesar 18 nm (475 nm). Adanya perbedaan serapan maksimum untuk kompleks Zn(II)-astaxanthin dalam pelarut aseton dan dimetil sulfoksida kemungkinan disebabkan oleh adanya efek solvatokromik.



**Gambar 2** Hasil analisis KLT astaxanthin standar (0 menit) dan kompleks Zn-astaxanthin (15, 30, 45, 60 menit) dengan fasa gerak atau eluen berupa campuran heksana dan aseton (3:1 v/v)



**Gambar 3** Spektra absorpsi UV-Vis astaxanthin (merah) dan kompleks Zn(II)-astaxanthin (hitam) dalam aseton (kiri) dan dalam dimetil sulfoksida (kanan).



**Gambar 4** Spektra FTIR astaxanthin dan kompleks Zn(II)-astaxanthin

Pergeseran hipsokromik atau efek solvatokromik negatif pada kompleks Zn(II)-astaxanthin seiring dengan meningkatnya polaritas pelarut (aseton < dimetil sulfoksida) terjadi karena adanya transfer muatan dari ion logam Zn(II) sebagai atom pusat, dengan orbital  $d$  yang terisi penuh ( $d^{10}$ ) ke ligan astaxanthin sebagai akseptor elektron yang berasal dari orbital kosong pada keadaan energi terendah (*low-lying*)  $\pi^*$ . Orbital molekul dari C=O pada astaxanthin yang menunjukkan bahwa orbital tidak terisi oleh elektron adalah orbital  $\pi_{2p}^*$ , sehingga membentuk transisi  $d \rightarrow \pi^*$  atau *metal to ligand charge-transfer* (MLCT)<sup>[8],[13]</sup>.

Spektra astaxanthin dari hasil analisis FTIR menunjukkan adanya pita serapan pada daerah bilangan gelombang pada 3001  $\text{cm}^{-1}$  yang

diamati sebagai vibrasi *stretching* -OH, pada 2360  $\text{cm}^{-1}$  vibrasi *stretching* H-C-H, pada 1712  $\text{cm}^{-1}$  vibrasi *stretching* C=O, pada 1427  $\text{cm}^{-1}$  vibrasi C=C, pada 1357  $\text{cm}^{-1}$  vibrasi *bending* C-H dari metil, pada 1219  $\text{cm}^{-1}$  vibrasi -OH, pada 902  $\text{cm}^{-1}$  berasal dari vibrasi =CH<sub>2</sub> dari cincin sikloheksana dan pada 524  $\text{cm}^{-1}$  vibrasi *bending* untuk cincin aromatik<sup>[14]</sup>.

Spektra kompleks Zn(II)-astaxanthin yang disajikan pada Gambar 4 menunjukkan pola serapan dengan bilangan gelombang yang mirip dengan astaxanthin. Namun demikian, pada kompleks Zn(II)-astaxanthin teramati adanya penurunan intensitas serapan pada vibrasi *stretching* C=O karbonil pada bilangan gelombang 1712  $\text{cm}^{-1}$  dan vibrasi -OH pada 1219  $\text{cm}^{-1}$ , serta diamati adanya serapan pada bilangan gelombang 424  $\text{cm}^{-1}$  yang bersesuaian



dengan vibrasi Zn-O. Stuart<sup>[15]</sup>, melaporkan bahwa vibrasi gugus logam M-O akan muncul pada rentang bilangan gelombang 600-400  $\text{cm}^{-1}$  untuk atom yang memiliki massa relatif tinggi.

Penurunan intensitas serapan gugus -OH dan C=O, sesuai dengan mekanisme reaksi pembentukan senyawa kompleks yang telah dilaporkan oleh Polyakov *et al.*<sup>[16]</sup>, bahwa logam Zn akan berkoordinasi pada sistem C=O dan -OH pada struktur astaxanthin. Zebib *et al.*<sup>[8]</sup> dan Tayyari *et al.*<sup>[17]</sup>, menjelaskan bahwa lemahnya intensitas pita vibrasi C=O juga dihubungkan dengan kekuatan ikatannya. Semakin kuat ikatan yang terjadi antara C=O dan logam, maka intensitas dari pita vibrasi C=O akan menurun. Semakin kuat ikatan yang terjadi antara C=O dan logam, maka intensitas dari pita vibrasi C=O akan menurun. Selain itu, penurunan intensitas serapan vibrasi ini juga menunjukkan bahwa kelat dalam pembentukan senyawa kompleks hanya terjadi disalah satu cincin sikloheksana astaxanthin, di mana jika kelat terjadi dikedua cincin sikloheksan maka tidak diamati adanya puncak serapan kelompok -OH pada spektra FTIR untuk kompleks Zn(II)-astaxanthin.

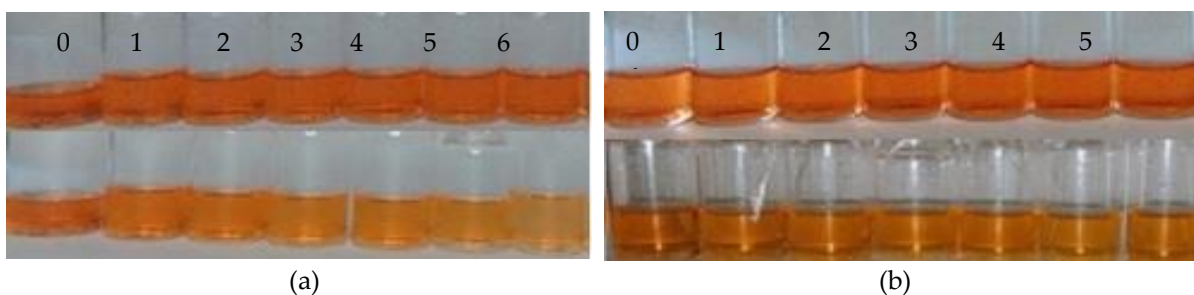
#### Stabilitas kompleks Zn(II)-astaxanthin terhadap paparan cahaya

Untuk mengamati stabilitas kompleks yang dihasilkan, dalam penelitian ini dilakukan uji fotostabilitas dari Zn(II)-astaxanthin dibandingkan dengan astaxanthin murni. Proses fotostabilitas astaxanthin dan kompleks Zn(II)-astaxanthin dilakukan dengan menyinari sampel menggunakan sumber cahaya yang

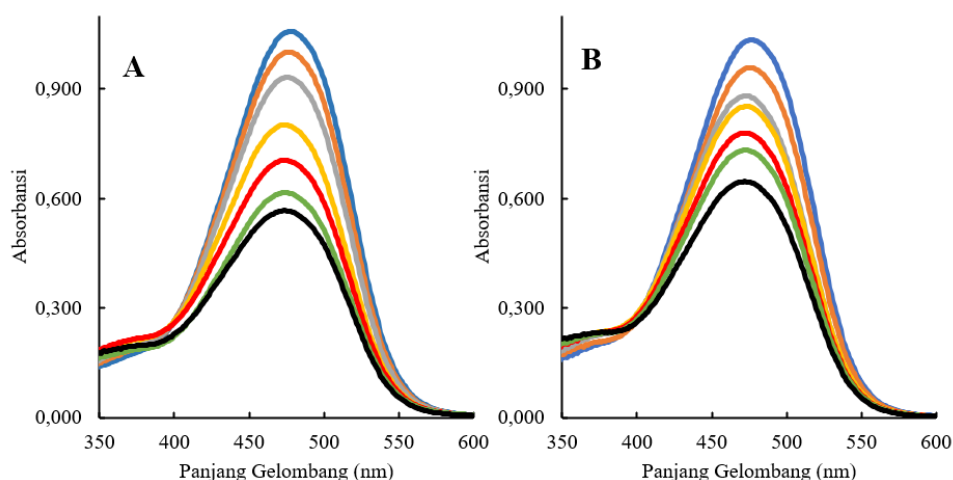
berasal dari lampu halogen 500 Watt. Lampu halogen digunakan sebagai sumber cahaya karena memiliki rentang panjang gelombang polikromatik dari 320-1100 nm, bersesuaian dengan rentang panjang gelombang matahari sebesar 360-760 nm, yang terdiri dari beberapa rentang panjang gelombang seperti sinar ultraviolet (UV), sinar tampak (*visible*) dan inframerah (IR)<sup>[18]</sup>.

Larutan uji astaxanthin dan kompleks Zn(II)-astaxanthin setelah disinari dengan lampu halogen selama 6 jam mengalami pemucatan warna (Gambar 5), hal ini dikarenakan adanya efek *photobleaching* selama penyinaran, yang ditandai dengan penurunan nilai absorbansi sebelum dan sesudah penyinaran (Gambar 5) serta parameter model kinetika degradasi (Tabel 1). Liu *et al.*<sup>[19]</sup>, melaporkan bahwa efek *photobleaching* terjadi akibat adanya modifikasi *irreversibel* (pemutusan) ikatan kovalen, akibat transisi elektron dari keadaan singlet/<sup>1</sup>S\* ke keadaan triplet/<sup>3</sup>S\* dari suatu fluorofor (senyawa yang dapat berfluoresensi). Elektron yang tereksitasi tersebut selanjutnya akan bereaksi dengan atom hidrogen membentuk spesies oksigen aktif yang menghasilkan oksigen singlet di keadaan tereksitasi (<sup>1</sup>O<sub>2</sub>). Selanjutnya terjadi reaksi dari spesies oksigen radikal dan oksigen singlet sehingga menimbulkan efek *photobleaching*.

Efek *photobleaching* dilihat berdasarkan penurunan nilai absorbansi pada spektra absorpsi UV-Vis yang sesuai dengan hukum Lambert-Beer.



**Gambar 5** Larutan uji astaxanthin murni (a) dan kompleks Zn-Ast selama penyimpanan 0-6 jam (atas: dalam kondisi gelap, bawah: disinari lampu halogen 300  $\text{Watt/m}^2$ )



**Gambar 7** Spektra absorpsi UV-Vis astaxanthin (A) dan kompleks Zn-Ast (B) setelah penyinaran selama 0 (biru), 1 (coklat), 2 (abu-abu), 3 (kuning), 4 (merah), 5 (hijau), dan 6 (hitam) jam di bawah penyinaran dengan intensitas cahaya 300 W/m<sup>2</sup> dalam pelarut aseton

**Tabel 1.** Parameter model kinetika degradasi astaxanthin dan kompleks Zn(II)-astaxanthin

		Orde 0	Orde 1	Orde 2
Ast (475 nm)	Persamaan garis	$y = -0,088x + 0,193$	$y = -0,1114x + 0,0455$	$y = 0,1448x - 0,0846$
	k	0,0880	0,1114	0,1448
	R <sup>2</sup>	0,9871	0,9832	0,9687
Kompleks Zn-Ast (477 nm)	Persamaan garis	$y = -0,0621x - 0,0106$	$y = -0,0752x + 0,0029$	$y = 0,0923x - 0,0218$
	k	0,0621	0,0752	0,0923
	R <sup>2</sup>	0,9900	0,9852	0,9686

Hukum Lambert-Beer menyatakan bahwa, absorbansi (penyerapan) akan berbanding lurus dengan konsentrasi molekul yang dapat menyerap energi pada panjang gelombang tertentu, ini karena nilai *b* (tebal kuvet sebesar 1 cm) dapat diabaikan dan  $\epsilon$  merupakan suatu tetapan. Sehingga semakin tinggi konsentrasi molekul menyerap energi ditunjukkan dengan nilai absorbansi yang semakin tinggi, hubungan antara absorpsi dan konsentrasi akan linier ( $A \approx C$ )<sup>[20]</sup>.

Berdasarkan Gambar 7, dapat disimpulkan bahwa terjadi penurunan absorbansi pada masing-masing puncak serapan maksimum untuk astaxanthin dan kompleks Zn(II)-astaxanthin. Kecepatan degradasi berbanding lurus dengan waktu iradiasi larutan uji pada cahaya polikromatik yang berasal dari lampu halogen. Kecepatan degradasi dapat dianalisis berdasarkan nilai konstanta degradasi yang

dapat dilihat pada Tabel 1. Tabel tersebut menunjukkan bahwa model kinetika orde 0, 1 dan 2 telah memenuhi nilai  $R^2 > 0,95$ . Berdasarkan nilai  $R^2$  yang paling tinggi (menunjukkan grafik paling linier), maka kinetika degradasi untuk astaxanthin dan kompleks Zn(II)-astaxanthin selama 6 jam penyinaran mengikuti kinetika orde 0.

Selain itu, berdasarkan nilai konstanta laju degradasi orde 0 untuk astaxanthin dan kompleks Zn-Ast masing-masing sebesar 0,0880 dan 0,0621, sehingga menunjukkan bahwa astaxanthin memiliki kecepatan degradasi lebih tinggi dibandingkan kompleks Zn(II)-astaxanthin. Cortez *et al.*<sup>[7]</sup>, melaporkan dalam pembentukan kompleks pigmen karotenoid yang berperan penting adalah keadaan oksidasi ion logam, di mana ion logam berperan dalam menstabilkan warna pada ekstrak karotenoid.

## Kesimpulan

Kompleks Zn-Ast telah berhasil disintesis, berdasarkan hasil analisis KLT, spektrofotometer UV-Vis, dan FTIR. Modifikasi karotenoid melalui kompleksasi dengan ion logam dapat menjadi salah satu alternatif untuk meningkatkan kestabilannya terhadap paparan cahaya. Kompleks Zn-Ast terbukti memiliki stabilitas yang lebih baik dibandingkan astaxanthin selama proses iradiasi pada intensitas 300 W/m<sup>2</sup> selama 6 jam. Astaxanthin memiliki laju degradasi yang lebih cepat dibandingkan dengan kompleks Zn-Ast berdasarkan kinetika orde 0 dengan nilai konstanta laju degradasi masing-masing sebesar 0,0880 dan 0,0621.

## Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini dibiayai oleh Dana DIPA UNTAN Tahun Anggaran 2022 Nomor 023.17.2.677517/2022 tanggal 17 November 2021.

## Daftar Pustaka

1. Ngginak, J., Semangun, H., Mangimbulude, J. C. & Rondonuwu, F. S., Komponen Senyawa Aktif pada Udang Serta Aplikasinya dalam Pangan. *J. Sains Med.*, **5(2)**: 128–145 (2015).
2. Firmansyah, A., Winingsih, W., Virginia Ababiel, Z., Nurmeilasari, N. & Setiasih, A., Produksi Astaxanthin dari Mikroalga Haematococcus Pluvialis Menggunakan Ekstraksi Karbon Dioksida Superkritikal yang Dimodifikasi. *JSTFI J. Sains dan Teknol. Farm. Indones.*, **VIII(2)**: 13–28 (2019).
3. Kidd, P., Astaxanthin, cell membrane nutrient with diverse clinical benefits and anti-aging potential. *Altern. Med. Rev.*, **16(4)**: 355–364 (2011).
4. Santos-Sanchez, N. F., Hernández-Carlos, B., Torres-Arino, A. & Salas-Coronado, R., Astaxanthin and its Formulations as Potent Oxidative Stress Inhibitors. *Pharmacogn. Rev.*, **14(27)**: 8–15 (2021).
5. Aryayustama, M. G., Wartini, N. M. & Suwariani, N. P., STABILITAS KADAR KAROTENOID EKSTRAK BUAH PANDAN (*Pandanus tectorius*) PADA CAHAYA DAN SUHU PENYIMPANAN Carotenoid Stability Of Pandanus Fruit Extract (*Pandanus tectorius*) On Light And Storage Temperature. *J. Rekayasa dan Manaj. Agroindustri*, **6(3)**: 218–224 (2018).
6. Lobato, K. B. de S., Paese, K., Forgearini, J. C., Guterres, S. S., Jablonski, A. & Rios, A. de O., Evaluation of stability of bixin in nanocapsules in model systems of photosensitization and heating. *Lwt*, **60(1)**: 8–14 (2015).
7. Cortez, R., Luna-Vital, D. A., Margulis, D. & Gonzalez de Mejia, E., Natural Pigments: Stabilization Methods of Anthocyanins for Food Applications. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.*, **16(1)**: 180–198 (2017).
8. Zebib, B., Mouloungui, Z. & Noiro, V., Stabilization of curcumin by complexation with divalent cations in glycerol/water system. *Bioinorg. Chem. Appl.*, **2010**: (2010).
9. Rahmalia, W., Septiani., Naselia, U. A., Usman, T., Silalahi, I. H. & Mouloungui, Z., Performance improvements of bixin and metal-bixin complexes sensitized solar cells by 1-methyl-3-propylimidazolium iodide in electrolyte system. *Indones. J. Chem.*, **21(3)**: 669–678 (2021).
10. Pearson, R. G., The HSAB Principle - more quantitative aspects. *Inorganica Chim. Acta*, **240(1–2)**: 93–98 (1995).
11. Gallardo-Cabrera, C. & Rojas-Barahona, A., Stability study of an aqueous formulation of the annatto dye. *Int. Food Res. J.*, **22(5)**: 2149–2154 (2015).
12. Rahmalia, W., Fabre, J. F., Usman, T. & Mouloungui, Z., Aprotic solvents effect on the UV-visible absorption spectra of bixin. *Spectrochim. Acta - Part A Mol. Biomol. Spectrosc.*, **131**: 455–460 (2014).
13. Nagy, E. M., Sitran, S., Montopoli, M., Favaro, M., Marchiò, L., Caparrotta, L. & Fregona, D., Zinc(II) complexes with dithiocarbamate derivatives: Structural characterisation and biological assays on cancerous cell lines. *J. Inorg. Biochem.*, **117**:



- 131–139 (2012).
14. Shuaith, N., Synthesis and Characterisation of Novel Astaxanthin Metal Complexes. **(October)**: (2015).
  15. Stuart, B. H., *Infrared Spectroscopy: Fundamentals and Applications. Infrared Spectroscopy: Fundamentals and Applications*, **8**: (2005).
  16. Polyakov, N. E., Focsan, A. L., Bowman, M. K. & Kispert, L. D., Free radical formation in novel carotenoid metal ion complexes of astaxanthin. *J. Phys. Chem. B*, **114(50)**: 16968–16977 (2010).
  17. Tayyari, S. F., Vakili, M., Nekoei, A. R., Rahemi, H. & Wang, Y. A., Vibrational assignment and structure of trifluorobenzoylacetone. A density functional theoretical study. *Spectrochim. Acta - Part A Mol. Biomol. Spectrosc.*, **66(3)**: 626–636 (2007).
  18. Thoms, L., Girwidz, R. & Munich, L. M. U., Experimenting from a Distance: Optical Spectrometry via the Internet. *MPTL18 – B. Proc.*, **(March)**: 59–63 (2013).
  19. Sterhov, A. I. & Loshkarev, I. Y., Determination of the proportion of natural light in solar radiation using the method of conversion of lighting units into energy. *J. Phys. Conf. Ser.*, **1353(1)**: (2019).
  20. Liu, Z., Ueda, K., Kim, H. J. & Sparrow, J. R., Photobleaching and fluorescence recovery of RPE bisretinoids. *PLoS One*, **10(9)**: 1–16 (2015).