

1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Peningkatan senyawa radikal bebas yang disebabkan oleh polusi udara atau konsumsi makanan tinggi asam lemak bebas berbahaya bagi tubuh manusia. Senyawa radikal bebas dalam jumlah berlebih dapat menyebabkan stress oksidatif pada tubuh manusia dan peningkatan *reactive oxygen species* (ROS) yang menimbulkan kerusakan sel, jaringan atau organ yang berbahaya bagi kesehatan (Moller, 1996 dalam Youssef, 2015). Antioksidan yang diproduksi dalam tubuh atau berasal dari luar tubuh dibutuhkan untuk menetralkan senyawa radikal bebas. Antioksidan berfungsi dalam mencegah radikal bebas seperti asam lemak bebas atau sebagai *inhibitor* dalam menghambat autooksidasi dengan tiga langkah yaitu: inisiasi, propagasi, dan terminasi. Antioksidan juga mampu bereaksi cepat dengan senyawa lain untuk mendonorkan elektron dan menghasilkan senyawa radikal bebas yang stabil. (Kedare & Singh, 2011; Bhuiyan *et al.*, 2009).

Sumber antioksidan banyak berasal dari bahan nabati seperti buah dan sayur-sayuran, alga, ataupun jamur. Antioksidan yang banyak ditemukan tersebut terdapat dalam bentuk senyawa fenol, flavonoid, pigmen ataupun vitamin yang dapat menjadi sumber antioksidan. Namun, antioksidan tidak hanya terdapat pada bahan nabati dan terbatas pada senyawa fenol, flavonoid, pigmen ataupun vitamin. Penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa pada bahan hewani menunjukkan potensi adanya senyawa antioksidan.

Vershinin (1996) meneliti dalam 8 jenis moluska terdapat kandungan pigmen karotenoid yang berikatan dengan matriks *lipid*. Soldatov *et al.* (2013), juga meneliti adanya senyawa diatoxanthin, yang merupakan karotenoid, pada *Anadara inaequalvis*. Karotenoid memiliki fungsi sebagai antioksidan yang dapat berasal dari akumulasi mikroalga ataupun transformasi metabolisme (Menshikova & Zenkov, 1993 dalam Soldatov *et al.*, 2013). Wang *et al.* (2017), juga meneliti bahwa dalam organisme laut ditemukan senyawa bioaktif yang berbentuk peptide, memiliki salah satu fungsi sebagai antioksidan, bergantung dari asam amino

penyusunnya. Organisme laut lainnya yang memiliki aktivitas antioksidan adalah *limpets*, yang merupakan salah satu moluska kelas gastropoda yang hidup di bebatuan pantai (González *et al.*, 2013).

Aktivitas antioksidan yang ditemukan pada moluska banyak digunakan sebagai *biomarker* terhadap kontaminasi yang terdapat di lingkungannya. Namun, beberapa penelitian lainnya menggunakan antioksidan yang ditemukan tersebut sebagai bagian dari pengembangan pangan fungsional yang berasal dari moluska. Pemanfaatan moluska sebagai bahan pangan fungsional juga ditunjang dengan banyaknya komponen lain yang terkandung dan memiliki fungsi bagi kesehatan manusia. Berdasarkan *review* oleh Benkendorff (2010), moluska dianggap memiliki strategi defensif alternatif untuk melindungi diri sendiri yang berevolusi dari waktu ke waktu sebagai bagian dari hasil metabolisme sekunder, yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber nutrisi bagi manusia.

Seberapa besar aktivitas antioksidan pada moluska diduga dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya adalah metode analisis. Sedangkan ada metode analisis terdapat beberapa faktor berkaitan yang saling mempengaruhi, yaitu: proses preparasi sampel dan matriks bahan yang mempengaruhi kerja antioksidan. Saat ini, pengujian antioksidan terus berkembang dengan metode baru ataupun modifikasi pada metode lama. *Review* ini bertujuan dalam menyediakan informasi mengenai eksplorasi aktivitas antioksidan pada moluska, tidak hanya yang hidup di laut tetapi juga di air tawar ataupun darat, menelaah faktor-faktor yang mempengaruhi proses uji aktivitas antioksidan, dan cara pengujian terbaik.

1.2 Tinjauan Pustaka

1.2.1 Moluska

Moluska merupakan hewan bertubuh lunak, tidak memiliki ruas, dilindungi mantel dan memiliki satu cangkang atau lebih. Tubuh moluska dilindungi cangkang yang terbentuk dari kapur (kalsium karbonat). Cangkang pada moluska menjadi satu dengan mantel dan berfungsi sebagai pelindung. Pelindung tubuh ini terdapat pada bagian luar tubuh, seperti pada siput dan juga terdapat di dalam tubuh, seperti pada sotong (Yanuhar, 2018).

Moluska dianggap sebagai filum hewan terbesar di dunia, 7% dari populasi hewan di dunia berasal dari filum moluska. Terdapat 93.000 spesies moluska yang sudah teridentifikasi dengan lebih dari 90.000 spesies, moluska yang masih hidup dan 70.000 spesies berbentuk fosil. Moluska juga terdapat di berbagai ekologi dan morfologi. Mulai dari pegunungan hingga perairan, mulai dari herbivora hingga symbiosis fotoautotrof (Benkendorff, 2010; Degiam & Abas, 2010; Yanuhar, 2018).

Persebarannya moluska yang luas juga dapat ditemukan di perairan Indonesia. Berdasarkan Subani *et al.* (1989), bahwa perairan Indonesia merupakan perairan yang kaya akan jenis moluska, terutama pada perairan laut. Dari kegiatan inventarisasi yang dilakukan oleh ION/P30 LIPI di perairan Indonesia telah dikumpulkan kurang lebih 100 jenis kerang (Pelecypoda) dan 2000 jenis keong (Gastropoda). Selain itu, juga ditemukan macam-macam jenis Cephalopoda seperti cumi-cumi dan sotong.

Berdasarkan kelasnya, Moluska dibagi menjadi: Gastropoda, Bivalvia, Scaphopoda, Cephalopoda, Polyplacophora, Monoplacophora, Caudofoveata, dan Solenogastres. Dari kedelapan kelas tersebut, 90% moluska berasal dari kelas Gastropoda, dengan jumlah spesies mencapai 75.000-150.000. Sedangkan 10.000-20.000 spesies lainnya berasal dari kelas Bivalvia (Benkendorff, 2010).

Moluska memiliki diversitas biologi dan kimiawi yang sangat luas. Dari delapan kelas tersebut, Bivalvia; Gastropoda; dan Cephalopoda memiliki nilai ekonomis yang tinggi dan banyak dikonsumsi, juga banyak dimanfaatkan untuk penelitian. Pada ketiga kelas tersebut memiliki morfologi yang berbeda, seperti pada tabel berikut.

Tabel 1. Perbedaan Tiga Jenis Moluska Berdasarkan Morfologinya

Filum	Radula	Kaki	Cangkang	Insang	Makanan	Habitat
Bivalvia	-	Berbentuk kerucut untuk menggali	Berbentuk seperti kerang	Laminar	Filtrasi (<i>filter feeder</i>) atau <i>deposit feeder</i>	Perairan tawar, laut

Cephalopoda	Ada	Modifikasi dalam bentuk tentakel	Cangkang hanya terdapat pada <i>Nautilus</i>	Ada	Karnivora	Laut
Gastropoda	Ada	Besar, bagian dari perut, untuk merayap	Berbentuk melingkar	Ada	Omnivora atau pemakan segala	Perairan tawar, darat, laut

Sumber: Khan & Liu (2019)

1.2.1.1 Cephalopoda

Cephalopoda berasal dari bahasa Latin, terdiri dari dua kata yaitu *chepale* yang artinya kepala dan *podos* yang artinya kaki. Berdasarkan pengertian tersebut, Cephalopoda memiliki arti berkaki di kepala. Pada dasarnya, Cephalopoda memiliki jumlah spesies sebesar 700 spesies dan dibagi menjadi tiga kelompok besar, seperti pada gambar 1. (Benkendorff, 2010).



Gambar 1. Cephalopoda

Sumber: www.dkfindout.com; hiclipart.com; theguardian.com

Cephalopoda merupakan kelompok moluska dengan tingkat evolusi yang tinggi.. Cephalopoda memiliki tubuh berbentuk simetri bilateral terdiri dari kepala, leher. dan badan yang tidak terlindungi (tanpa cangkang). Kelas Cephalopoda memiliki kepala besar dengan sistem saraf terpusat di kepala dan memiliki 10 tentakel di sekeliling mulut yang berfungsi untuk menangkap mangsa. Cephalopoda memiliki kemampuan berupa pandangan yang bagus, mampu berenang dengan cepat, dan merayap di dasar batu (Benkendorff, 2010; Maryam *et al.*, 2012; Perangin-angin *et al.*, 2015).

Cephalopoda memiliki kemampuan kamuflase yang baik dan metabolisme sekunder yang bermanfaat menambah nilai komersial produk sehingga banyak dikonsumsi oleh

masyarakat.. Cephalopoda memiliki kandungan protein tinggi, rendah lemak yang rendah, serta memiliki kandungan omega-3 yang bermanfaat. Pada hasil isolasi dari metabolisme sekunder Cephalopoda ditemukan *tetrodotoxin*, peptida, *biogenic amines* dan senyawa bioaktif berbentuk peptida (Benkendorff, 2010; Maryam *et al.*, 2012; Perangin-angin *et al.*, 2015; Sudjoko, 1988; Yanuhar, 2018). Selain senyawa metabolisme sekunder tersebut, tinta yang digunakan untuk kamuflase dan menghindari predator, banyak digunakan karena memiliki multifungsi Beberapa fungsi tersebut diantaranya adalah membunuh sel kanker, meningkatkan jumlah leukosit, dan memiliki aktivitas antioksidan (Fahmy, 2014).

1.2.1.2 Bivalvia

Bivalvia merupakan salah satu kelas terbesar pada filum moluska. Bivalvia merupakan salah satu moluska yang memiliki jenis spesies yang banyak. Namun, terdapat dua kelas bivalvia yang paling banyak dikonsumsi, yaitu *clams* dan *mussels* seperti pada gambar 2.



Gambar 2. Bivalvia

Sumber: www.oum.ox.ac.uk

Bivalvia tidak memiliki radula, kepala dan tentakel. Bivalvia memiliki tubuh dan kaki pipih secara lateral, dengan seluruh tubuh tertutup mantel dan dua keping cangkang yang berhubungan pada bagian dorsal. Dua keping cangkang disatukan oleh satu engsel yang bersifat elastis disebut ligamen, serta mempunyai dua otot yaitu *abductor* dan *aductor*. Kedua otot tersebut berfungsi untuk membuka dan menutup kedua belah cangkang tersebut. Bagian cangkang Bivalvia meliputi tiga lapisan, yaitu:

- a. Lapisan luar dan tipis bernama peristrakum sebagai mekanisme defensive

- b. Lapisan kedua yang terbuat dari kalsium karbonat, lebih tebal dari lapisan pertama
- c. Lapisan dalam yang merupakan *mother of pearl*, terbentuk dari selaput mantel

(Benkendorff & Benkendorff, 2010; Ferdiansyah *et al.*, 2015; Yanuhar, 2018)

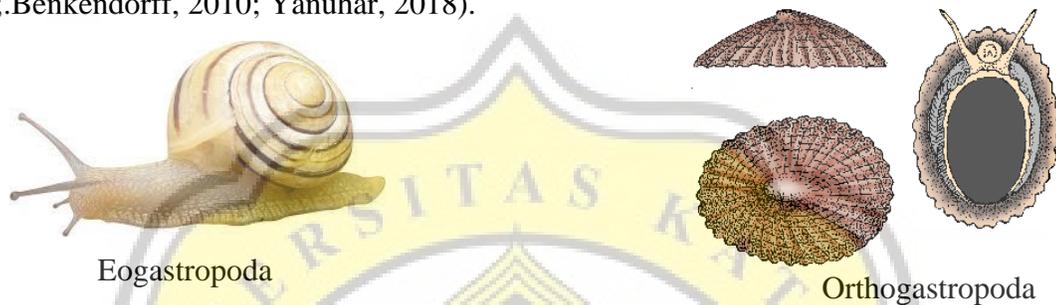
Bivalvia hidup di daerah pasang surut perairan laut dan sisanya berada di perairan tawar. Beberapa bivalvia hidup dengan membenamkan diri pada pasir atau lumpur. dan mempunyai tabung yang disebut sifon, untuk memasukkan dan mengeluarkan air. Semakin dalam kerang membenamkan diri, makin panjang sifonnya. Selain itu, beberapa kerang bersifat sersil dengan hidup menempel erat pada benda padat dengan benang *bysussus* (Benkendorff, 2010; Ferdiansyah *et al.*, 2015; Soldatov *et al.*, 2013).

Bivalvia dianggap sebagai organisme filtrasi dengan metabolisme sekunder yang baik untuk menghadapi *stress* pada lingkungan. Ketika memompa sejumlah air pada bagian *mantle cavity*, kerang akan mengakumulasi sejumlah xenobiotik pada jaringan dengan konsentrasi tertentu. Ketika jumlah yang diakumulasi melebihi batas konsentrasi yang dibutuhkan, akan meningkatkan senyawa senyawa bioaktif pada kerang untuk bertahan hidup, contohnya adalah antioksidan. Hal ini dikaitkan dengan kemampuan adaptasi Bivalvia yang baik dalam menghadapi pencemaran lingkungan dan predator (Benkendorff, 2010; Ferdiansyah *et al.*, 2015; Soldatov *et al.*, 2013)

1.2.1.3 Gastropoda

Gastropoda berasal dari bahasa Yunani yang terdiri dari *gaster* berarti perut dan *podos* berarti kaki. Gastropoda diartikan sebagai hewan bercangkang yang berjalan dengan perut. Gastropoda memiliki diversitas spesies yang tinggi dan banyak ditemukan di alam, karena hal ini Gastropoda banyak diteliti dan diisolasi komponen yang terkandung. Gastropoda dibagi menjadi dua sub-kelas yaitu Eogastropoda dan Orthogastropoda seperti pada gambar 3.

Habitat umum Gastropoda adalah merangkak di atas permukaan tanah dan ditemukan pada perairan dangkal. Gastropoda bertahan hidup dengan mengkonsumsi organisme organik. Jenis Gastropoda yang banyak ditemukan adalah keong, *limpet*, *abalone*, *conch*, dan siput laut. Karakteristik filum ini adalah: tubuh terdiri atas kepala dan badam, memiliki cangkang yang terpilin, dan bernapas dengan epidermis pada struktur seperti insang (Ulmaula *et al.*, 2016; Benkendorff, 2010; Yanuhar, 2018).



Gambar 3. Gastropoda

Sumber: www.pngkey.com & www.merriam-webster.com

1.2.2 Antioksidan dan Radikal Bebas pada Moluska

Antioksidan merupakan komponen yang berfungsi dalam mencegah radikal bebas atau sebagai inhibitor dalam menghambat oksidasi. Proses oksidasi yang dihambat dapat meningkatkan umur simpan suatu bahan pangan. Antioksidan umumnya mampu bereaksi cepat dengan senyawa lain untuk mendonorkan elektron dan menghasilkan senyawa radikal bebas yang stabil (Rahayu *et al.*, 2009; Tamat *et al.*, 2007; Sarastani *et al.*, 2002; Kedare & Singh, 2011; Buiyan *et al.*, 2009; Embuscado, 2015). Antioksidan banyak diklasifikasikan menjadi beberapa macam.

Berdasarkan jenis antioksidan dibagi menjadi 2, yaitu:

- a. Pemutus rantai dengan mendonasikan electron (primer)
- b. Antioksidan preventif (sekunder)

Memerangkap inisiasi radikal bebas sebelum terjadi reaksi oksidasi berantai

(Karadag *et al.*, 2009; Widowati, 2011)

Berdasarkan cara kerjanya, antioksidan dibagi menjadi 3, yaitu:

- a. Sebagai *physical barriers* untuk mencegah pembentukan radikal bebas seperti ROS

- b. Menstabilkan radikal bebas
- c. Mengikat / inkativasi ion metal dari pembentukan radikal bebas, seperti pada flavonoid

(Karadag *et al.*, 2009; Yudiati *et al.*, 2011)

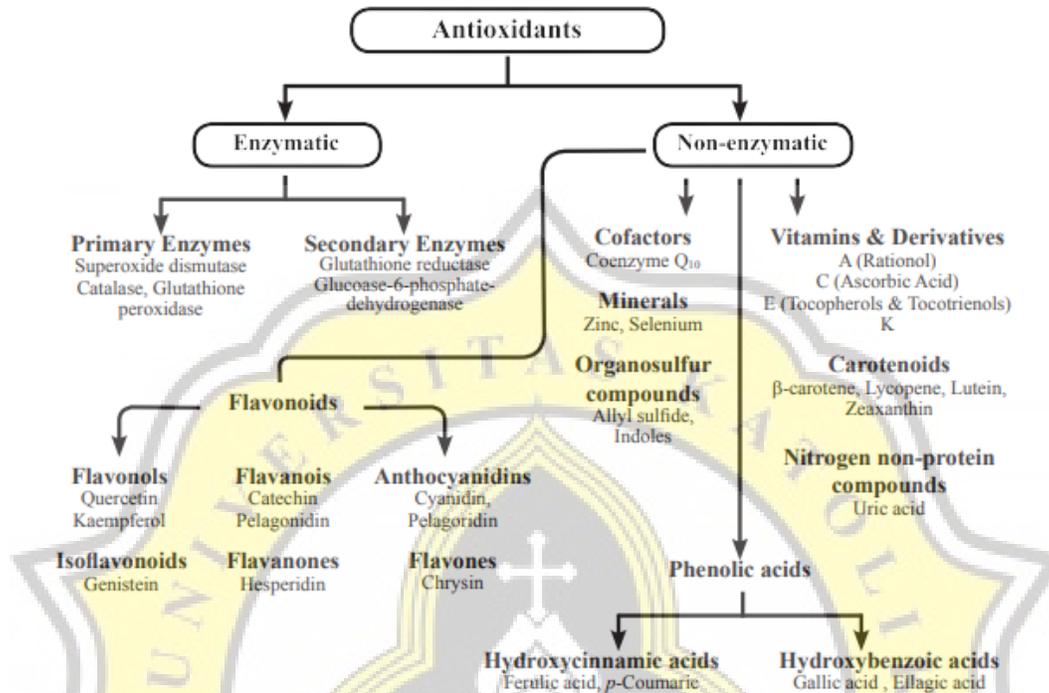
Berdasarkan sumbernya, antioksidan dapat dibagi menjadi 2 yaitu antioksidan alami dan antioksidan sintetik. Antioksidan alami merupakan senyawa antioksidan yang terdapat secara alami dalam tubuh sebagai mekanisme pertahanan tubuh normal maupun berasal dari asupan luar tubuh. Sedangkan antioksidan sintetik merupakan senyawa yang disintesis secara kimia. Salah satu sumber senyawa antioksidan adalah tanaman dengan kandungan senyawa polifenol yang tinggi (Triastini *et al.*, 2006). Antioksidan alami sendiri dibagi menjadi 2, yaitu:

- a. Antioksidan endogen
Antioksidan alami yang terdapat dalam tumbuhan atau tubuh makhluk hidup baik intra maupun ekstraseluler
- b. Antioksidan eksogen
Antioksidan yang berasal dari luar tubuh (asupan makanan)

(Widowati, 2011; Widyastuti, 2010)

Kebanyakan antioksidan alami yang bersifat eksogen, dalam pangan, berasal dari tumbuhan, dan tersebar diseluruh bagian tumbuhan (Rahayu *et al.*, 2009; Tamat *et al.*, 2007; Sarastani *et al.*, 2002; Kedare & Singh, 2011; Buiyan *et al.*, 2009). Berdasarkan Pratt & Hudson (1990), bahwa sumber antioksidan alami yang terdapat pada tumbuhan umumnya merupakan senyawa fenolik yang tersebar di seluruh bagian tumbuhan, baik di kayu, biji, buah, daun, akar, bunga maupun serbuk sari. Antioksidan alami jika didasarkan pada matriks penyusun bahan pangan di bagi menjadi mampu melindungi tubuh terhadap kerusakan yang disebabkan spesies oksigen reaktif, mampu menghambat penyakit degeneratif serta mampu menghambat peroksidasi lipid pada makanan Antioksidan alami tersebut, jika didasarkan pada matriks penyusun bahan pangan, antioksidan dibagi menjadi dua yaitu: larut lemak dan

larut air (Sunarni *et al.*, 2007). Pada gambar 5., dijabarkan pembagian macam-macam antioksidan alami yang ditemukan pada bahan pangan.



Gambar 4. Macam-Macam Antioksidan dalam Bahan Pangan

Sumber: Widowati (2011)

Proses oksidasi sendiri dapat menyebabkan off-flavour dan off-odor karena reaksi lemak dengan O_2 , peroksida, dan hidroperoksida menghasilkan senyawa karbonil. Oksidasi sendiri dapat dipicu karena panas, cahaya, ion metal, dan kelembaban (Embuscado, 2015; Suhaj, 2006). Antioksidan yang efisien dalam mencegah dan menghambat proses oksidasi, akan memproduksi radikal bebas FRS^- yang tidak bereaksi terlalu cepat dengan O_2 untuk pembentukan peroksida. Antioksidan sendiri dipengaruhi oleh pH, volatilitas dan polaritas larutan konsentrasi, dan pada antioksidan yang terdapat pada polisakarida dipengaruhi juga oleh ikatan glukosida serta komposisi monosakarida (Karadag *et al.*, 2009). Namun, jumlah antioksidan yang terlalu banyak dapat berubah menjadi prooksidan dan memicu proses oksidasi (Nurjanah *et al.*, 2011)

1.2.3 Publikasi Review Sebelumnya

Masyarakat tradisional mempercayai bahwa bagian tubuh moluska, mulai dari daging hingga bagian cangkang, bermanfaat pada dunia pengobatan. Hal ini disebabkan adanya kandungan komponen aktif pada berbagai jenis moluska seperti karbohidrat, mineral, lemak, sterol, nukleotida dan banyak lagi. Menunjukkan. dalam *review*-nya, tabulasi data mengenai publikasi komponen aktif pada moluska hingga tahun 2018 (Khan & Liu, 2019).

Tabel 2. Publikasi mengenai Komponen Bioaktif pada Moluska

<i>Taxa</i>	<i>Compounds</i>	<i>Papers</i>	<i>Species</i>
Cephalopoda	24	11	13
Bivalvia	190	146	61
Gastropoda	948	878	817

Sumber: Khan & Liu (2019)

Pada tabel 2., membahas mengenai komponen bioaktif pada spesies Bivalvia, Cephalopoda, dan Gastropoda disertai dengan jumlah komponen bioaktif yang ditemukan pada sejumlah spesies. Pada data komponen yang ditemukan tersebut, salah satunya adalah antioksidan. Beberapa penelitian menunjukkan adanya senyawa antioksidan pada moluska, diantaranya adalah penelitian Vershinin (1996). Pada artikel *review* Wang *et al.*, (2017) menyatakan bahwa terdapat kandungan antioksidan dalam bentuk karotenoid dan ikatan peptida pada organisme laut terutama moluska. Tidak hanya moluska laut saja, pada beberapa penelitian juga menunjukkan adanya aktivitas antioksidan pada jenis moluska air tawar dan darat yang akan dibahas pada artikel *review* ini.

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian *review* ini bertujuan untuk mengulas macam-macam senyawa antioksidan yang terdapat pada organisme moluska. Kemudian berdasarkan senyawa antioksidan yang ditemukan, diulas kembali faktor-faktor yang mempengaruhi (metode pengujian, matriks bahan, dan metode preparasi) pada aktivitas antioksidan. Selanjutnya, *output* yang

diharapkan adalah mengetahui metode pengujian terbaik untuk jenis senyawa antioksidan yang terkandung.

