

## PENGARUH BUMBU PADA KEPITING BAKAU (*Scylla olivacea*) TERHADAP KADAR LOGAM TIMBAL SEBAGAI SUMBER BELAJAR BIOLOGI

Alfian Effendy<sup>1</sup>, Suharno Zen<sup>2</sup>, Hening Widowati<sup>3</sup>

Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Muhammadiyah Metro

Email: [alfianeffendy4@gmail.com](mailto:alfianeffendy4@gmail.com)

### Abstrak

Bumbu mengandung antioksidan alami yang dapat menangkal radikal bebas dalam tubuh. Limbah logam berat timbal (Pb) merupakan zat pencemar yang berbahaya bagi tubuh manusia dan dapat memicu terjadinya radikal bebas. Kepiting bakau (*Scylla olivacea*) memiliki potensi yang besar dapat tercemar logam timbal karena habitatnya berada di daerah hilir yang menerima pasokan limbah dari hulu. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah terdapat pengaruh bumbu terhadap kadar Pb dalam daging kepiting bakau. Sampel kepiting bakau diambil dari tambak Pasir Sakti Lampung Timur. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Penelitian ini menggunakan 4 perlakuan, 1 sebagai kontrol dan 3 perlakuan dengan variasi bahan bumbu yang berbeda (5, 10, dan 12 jenis bahan bumbu). Masing-masing perlakuan memiliki 8 ulangan. Kemudian sampel dianalisis kadar Pb menggunakan Metode Spektrofotometer UV-Vis. Berdasarkan hasil analisis statistik,  $F_{hitung} = 25,27 \geq F_{tabel} = 2,95$  maka  $H_0$  ditolak sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh perlakuan variasi bahan bumbu terhadap kadar Pb pada daging kepiting bakau. Berdasarkan analisis uji BNJ, perlakuan C merupakan perlakuan yang paling tepat dalam menurunkan kadar timbal pada daging kepiting bakau (*Scylla olivacea*), persentase penurunan kadar logam timbal pada perlakuan C yaitu sebesar 42,21%. Data hasil penelitian dikembangkan menjadi sumber belajar biologi dalam bentuk LKPD. Berdasarkan hasil analisis validasi, nilai berada pada rentang 76% - 100% atau pada kriteria “Baik” maka LKPD ini layak dijadikan sebagai sumber belajar biologi.

**Kata Kunci:** bumbu, kepiting bakau (*Scylla olivacea*), timbal (Pb), LKPD

### Abstract

*Spices contain natural antioxidants that can counteract free radicals in the body. Heavy metal waste lead (Pb) is a pollutant that is harmful to the human body and can trigger the occurrence of free radicals. Mangrove crab (Scylla olivacea) has a great potential to be contaminated with lead metal because its habitat is in the downstream area which receives a supply of waste from upstream. This study aims to determine whether there is an effect of seasoning on Pb levels in mud crab meat. Mangrove crab samples were taken from Pasir Sakti ponds, East Lampung. This research is an experimental study with a completely randomized design (CRD). This study used 4 treatments, 1 as control and 3 treatments with different variations of spices (5, 10, and 12 types of seasonings). Each treatment had 8 replications. Then the samples were analyzed for Pb levels using the UV-Vis Spectrophotometer Method. Based on the results of statistical analysis,  $F_{count} = 25.27$   $F_{table} = 2.95$  then  $H_0$  is rejected so it can be concluded that there is an effect of spice*

*variation treatment on Pb levels in mud crab meat. Based on the analysis of the Tukey's HSD test, treatment C was the most appropriate treatment in reducing lead levels in mud crab meat (Scylla olivacea), the percentage reduction in lead metal levels in treatment C was 42.21%. The research data was developed into a biology learning resource in the form of LKPD. Based on the results of the validation analysis, the value is in the range of 76% - 100% or on the "Good" criteria, this LKPD is worthy of being used as a source of learning biology.*

**Keywords:** seasoning, mud crab (*Scylla olivacea*), lead (Pb), LKPD

## PENDAHULUAN

Lampung memiliki kawasan minapolitan yang terletak di Kecamatan Pasir Sakti Kabupaten Lampung Timur berdasarkan Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor 35 Tahun 2013 (Mulyanto, dkk., 2018). Menurut penelitian Widowati, dkk., (2021) terdapat komoditas budidaya tambak berupa kepiting bakau yang tercemar logam timbal (Pb) di tambak Pasir Sakti. Sumber cemaran logam timbal (Pb) di tambak dapat berasal dari pipa-pipa air, pestisida, insektisida, dan moluskisida.

Susilawati, dkk., (2021) menyatakan bahwa kadar logam timbal (Pb) pada daging udang vaname tambak tradisional jauh mangrove di Pasir Sakti Kabupaten Lampung Timur rata-rata mencapai 523,65 ppb. Kepiting bakau yang dibudidayakan pada lokasi yang sama berpotensi ikut terkontaminasi logam timbal (Pb). Purnamasari, dkk., (2014) menyimpulkan bahwa kepiting bakau di Sungai Donan Cilacap mengandung logam timbal (Pb) antara 4,735 –448,611 ppm dengan rata-rata sebesar 61,808 ppm. Sedangkan batas maksimum cemaran logam berat (Pb) dalam pangan olahan menurut BPOM (Badan Pengawas Obat dan Makanan) nomor 5 tahun 2018 untuk pangan jenis udang dan krustasea lain adalah sebesar 200 ppm atau 0,2 mg/kg. Hasil penelitian Purnamasari menunjukkan bahwa kepiting bakau mampu mengakumulasi logam timbal (Pb) dan bahkan melebihi batas maksimum cemaran logam berat (Pb) dalam pangan olahan.

Timbal (Pb) merupakan salah satu dari logam berat yang dapat mencemari lingkungan sekitar. Limbah cair timbal (Pb) yang dibuang ke perairan akan

mengakibatkan limbah larut dalam perairan sehingga banyak makhluk hidup yang terkontaminasi zat pencemar. Limbah timbal (Pb) yang terbuang di daerah perairan akan terbawa arus dari hulu menuju ke hilir, sehingga limbah timbal dapat mencemari tempat budidaya perairan yang berada di hilir seperti tambak.

Kepiting bakau berpeluang besar mengakumulasi polutan termasuk logam timbal (Pb). Hal tersebut disebabkan karena kepiting bakau bersifat menetap berada pada suatu tempat, dimana kepiting bakau hidup di daerah hilir yang menerima pasokan dari daerah hulu seperti limbah logam timbal (Pb). Kepiting bakau dapat bertahan lama di dalam air ataupun lumpur berpasir, sehingga apabila perairan, makanan, ataupun substrat yang ditempati kepiting bakau telah tercemar maka kepiting bakau berpotensi besar akan ikut terkontaminasi oleh zat pencemar.

Memilih makanan yang halal dan baik berdasarkan pengkajian uji laboratorium merupakan salah satu upaya merealisasikan visi lembaga Universitas Muhammadiyah Metro yaitu “Pusat Keunggulan Profetik Profesional, Modern dan Mencerahkan” sehingga tertanam pada diri peserta didik sifat profesional profetis yang sidiq (jujur), amanah (bisa dipercaya), fathonah (pintar/cerdas), dan tablegh (mengkomunikasikan sesuatu yang benar). Dengan memilih untuk mengkonsumsi makanan yang sehat menandakan bahwa orang tersebut bersifat fathonah (pintar/cerdas).

Berdasarkan visi lembaga Universitas Muhammadiyah Metro maka sebagai pribadi yang fathonah tentunya supaya berfikir kritis bagaimana upaya untuk meminimalisir atau menanggulangi kadar logam berat timbal (Pb) pada daging kepiting bakau yang tercemar. Perlu diketahui bagaimana cara memanfaatkan bumbu yang tepat dalam mengolah kepiting bakau agar mengurangi kadar polutan apabila terkandung dalam daging kepiting bakau walaupun hanya sedikit. Setiap olahan kepiting bakau memiliki rasio bumbu/rempah yang berbeda, hal ini akan menghasilkan cita rasa masakan yang khas berbeda, dan diasumsikan mempengaruhi kerja antioksidan dalam bumbu/rempah yang menetralkan radikal bebas logam berat Pb di dalam daging kepiting bakau.

Logam berat seperti timbal (Pb) dapat menimbulkan radikal bebas dalam tubuh. Antioksidan dapat menangkal radikal bebas yang disebabkan oleh logam timbal (Kamilatussaniah, dkk., 2015). Antioksidan bekerja dengan cara mendonorkan satu elektronnya kepada senyawa yang bersifat oksidan sehingga aktivitas senyawa oksidan tersebut bisa terhambat. Antioksidan menstabilkan radikal bebas dengan melengkapi kekurangan elektron yang dimiliki radikal bebas, dan menghambat terjadinya reaksi berantai dari pembentukan radikal bebas sehingga antioksidan berfungsi untuk mengatasi atau menetralkan radikal bebas dan melindungi sel dari radikal bebas (Malanggi, dkk. 2012).

Pengaruh bumbu pada kepiting bakau (*Scylla olivacea*) terhadap kadar logam timbal (Pb) selanjutnya dapat menjadi sumber belajar biologi dalam bentuk LKPD (Lembar Kerja Peserta Didik). LKPD bertujuan untuk meningkatkan efisiensi, motivasi, serta memfasilitasi belajar aktif eksperimental, konsisten dengan belajar yang berpusat pada peserta didik dan membantu untuk belajar lebih baik. LKPD dapat berupa panduan eksperimen maupun demonstrasi.

## METODE

Penelitian ini merupakan jenis penelitian eksperimen, penelitian eksperimen adalah penelitian yang dilakukan untuk mengetahui pengaruh pemberian suatu treatment atau perlakuan terhadap subjek penelitian. Metode penelitian yang digunakan adalah metode Rancangan Acak Lengkap (RAL). Susilawati (2015) menyatakan bahwa dalam penelitian eksperimen jika jumlah perlakuan berjumlah kecil maka akan menurunkan tingkat ketelitian dan jika jumlah ulangan semakin banyak atau bertambah maka akan semakin meningkatkan ketelitian. Penelitian ini menggunakan ulangan sebanyak 8 kali yang bertujuan untuk meningkatkan ketelitian data. Penelitian ini menggunakan 4 perlakuan, 1 sebagai kontrol (tanpa diberikan bumbu) dan 3 perlakuan dengan variasi bumbu yang berbeda yaitu: perlakuan A (5 jenis bahan bumbu), perlakuan B (10 jenis bahan bumbu), dan perlakuan C (12 jenis bahan bumbu). Masing-masing perlakuan memiliki 8 ulangan. Data yang diperoleh dianalisis dengan menggunakan uji

ANAVA satu arah. Adapun syarat dilakukan pengujian menggunakan ANAVA yaitu apabila data tersebut berdistribusi normal dan homogen, apabila data tersebut normal dan homogen maka dilakukan uji ANAVA satu arah.

Instrumen penelitian merupakan alat atau fasilitas yang digunakan oleh peneliti dalam mengumpulkan data agar pekerjaannya lebih mudah dan hasilnya lebih baik. Alat yang digunakan adalah sebagai berikut: Wajan, presto, ember, nampan, peniris, timbangan, sutil/pengaduk kayu, pisau, gunting, talenan, plastik steroform, label, dan pembungkus wrap/botol container sampel. Bahan yang digunakan dalam penelitian sebagai berikut: Kepiting bakau 1,6kg, jeruk nipis 1kg, bawang merah 1kg, bawang putih  $\frac{1}{2}$  kg, cabe merah  $\frac{1}{2}$  kg, cabe rawit  $\frac{1}{4}$  kg, tomat  $\frac{1}{2}$  kg, jahe  $\frac{1}{4}$  kg, sereh 73g, daun jeruk 3 ikat, daun pandan 3 ikat, daun bawang 3 ikat, daun kemangi 3 ikat, dan kemiri.

Tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

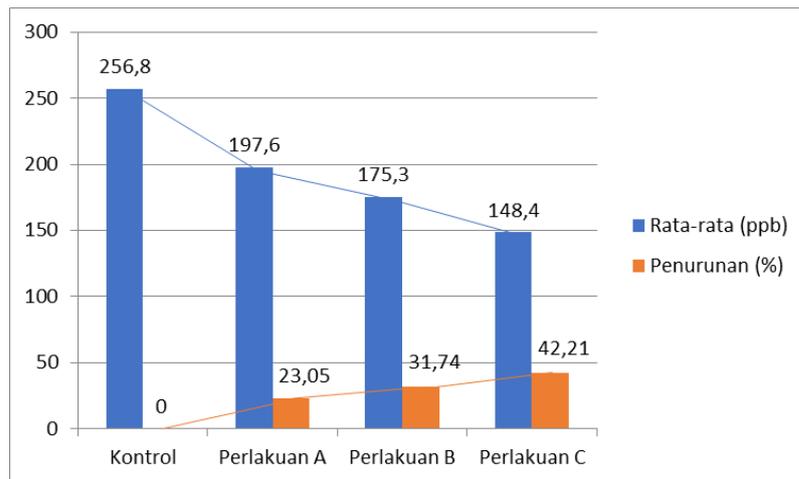
1. Menentukan tempat pengambilan sampel yaitu di Tambak Tradisional Pasir Sakti Lampung Timur.
2. Menentukan ukuran sampel yang akan diambil dari keseluruhan anggota, sampel yang digunakan untuk masing-masing ulangan sebanyak 400 gram.
3. Membersihkan dan menimbang sampel.
4. Sampel kepiting bakau diolah menggunakan 3 macam perlakuan yaitu perlakuan A (5 jenis bahan bumbu), perlakuan B (10 jenis bahan bumbu), dan perlakuan C (12 jenis bahan bumbu). Langkah-langkahnya yaitu dengan melumuri daging kepiting dengan air jeruk nipis selama 15 menit, mengukus kepiting selama 10 menit, dan merebus kepiting bakau dengan bumbu yang telah dihaluskan selama 5 menit.
5. Kepiting yang telah diolah, ditimbang sekitar 400 gram tiap sampelnya, dimasukkan botol container, ditutup rapat dengan lakban, dan dibekukan dalam freezer kulkas. Setelah beku, pada pagi harinya dimasukkan dalam kotak steroform untuk dikirim ke laboratorium kimia Universitas Muhammadiyah Malang untuk dianalisis sesuai parameter yang ditentukan

(kadar logam berat timbal). Metode untuk mengukur kadar logam timbal pada penelitian ini yaitu dengan menggunakan Spektrofotometer UV-Vis.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Pengaruh Bumbu pada Kepiting Bakau (*Scylla olivacea*) terhadap Kadar Logam Timbal (Pb)

Data hasil penelitian dianalisis menggunakan uji normalitas, homogenitas, hipotesis, dan BNJ. Berdasarkan perhitungan analisis statistik, didapatkan  $F_{hitung} = 25,27 \geq F_{daftar} = 2,95$  dengan dk pembilang  $(k-1) = 3$  dan dk penyebut  $k (r-1) = 28$  maka  $H_0$  ditolak sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh perlakuan variasi bumbu terhadap kadar logam timbal pada daging kepiting bakau.



Gambar 1. Rata-Rata Kadar Logam Timbal dan Persentase Penurunan Kadar Logam Timbal dari Semua Perlakuan

Berdasarkan hasil analisis statistik uji hipotesis menunjukkan adanya pengaruh perlakuan variasi bumbu terhadap kadar logam timbal pada daging kepiting bakau. Nilai kontrol digunakan untuk nilai awal kadar logam timbal serta dijadikan pembandingan dengan nilai kadar logam timbal dari perlakuan A, B, dan C. Sehingga diketahui banyaknya persentase penurunan kadar logam timbal setelah diberikan perlakuan variasi bumbu.

Perlakuan A memiliki variasi 5 jenis bahan bumbu yaitu cabe rawit, cabe merah, bawang merah, tomat, dan daun kemangi. Nilai rata-rata kadar timbal daging kepiting bakau perlakuan kontrol (tanpa perlakuan) yaitu 256,8 ppb, sedangkan nilai kadar timbal daging kepiting bakau perlakuan A yaitu sebesar 197,6 ppb. Selisih nilai kadar timbal perlakuan kontrol dan perlakuan A mencapai 59,2 ppb, sehingga persentase penurunan kadar logam timbal pada perlakuan A yaitu 23,05%.

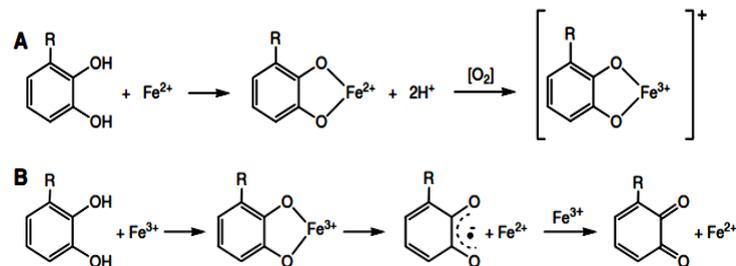
Perlakuan B memiliki variasi 10 jenis bahan bumbu yaitu cabe rawit, cabe merah, bawang merah, tomat, daun kemangi, daun bawang, serai, daun jeruk, bawang putih, dan jahe. Nilai rata-rata kadar timbal daging kepiting bakau perlakuan kontrol (tanpa perlakuan) yaitu 256,8 ppb, sedangkan nilai kadar timbal daging kepiting bakau perlakuan B yaitu sebesar 175,3 ppb. Selisih nilai kadar timbal perlakuan kontrol dan perlakuan B mencapai 81,5 ppb, sehingga persentase penurunan kadar logam timbal pada perlakuan B yaitu 31,74%.

Perlakuan C memiliki variasi 12 jenis bahan bumbu yaitu cabe rawit, cabe merah, bawang merah, tomat, daun kemangi, daun bawang, serai, daun jeruk, bawang putih, jahe, daun pandan, dan kemiri. Nilai rata-rata kadar timbal daging kepiting bakau perlakuan kontrol (tanpa perlakuan) yaitu 256,8 ppb, sedangkan nilai kadar timbal daging kepiting bakau perlakuan C yaitu sebesar 148,4 ppb. Selisih nilai kadar timbal perlakuan kontrol dan perlakuan C mencapai 108,4 ppb, sehingga persentase penurunan kadar logam timbal pada perlakuan C yaitu 42,21%.

Perlakuan variasi bumbu pada kepiting bakau (*Scylla olivacea*) terhadap kadar logam timbal (Pb) dengan pengaruh terbaik adalah pada perlakuan C (variasi 12 jenis bahan bumbu). Dalam perlakuan variasi 12 jenis bahan bumbu (perlakuan C) mencakup jenis bahan bumbu yang ada di perlakuan A dan B. Berdasarkan hasil penelitian, variasi dengan jumlah jenis bahan bumbu terbanyak adalah yang paling tinggi dalam menurunkan kadar logam timbal dalam daging kepiting bakau.

Bumbu memiliki senyawa antioksidan, salah satunya adalah senyawa flavonoid. Senyawa flavonoid merupakan golongan senyawa fenolik, bersifat polar, dan dapat larut dalam air. Senyawa flavonoid dapat mengikat senyawa logam sehingga terbentuk senyawa kompleks yang lebih stabil. Selly (2018: 22) menyatakan bahwa:

Radikal FeS atau besi (II) sulfide merupakan molekul senyawa hasil reaksi unsur Fe dan S. Radikal ini memiliki dua elektron bebas, sehingga memerlukan donor dua elektron dari antioksidan. Donor elektron memungkinkan untuk terbentuknya senyawa baru, seperti  $Fe^{2+}$  dan  $Fe^{3+}$ . Oleh karena itu, diperlukan radikal chelator untuk mengikat  $Fe^{2+}$  dan  $Fe^{3+}$  sehingga terbentuk senyawa kompleks yang lebih stabil dan tidak menjadi sumber radikal baru.



Gambar 2. Reaksi Pengikatan Logam oleh Senyawa Flavonoid.  
(Sumber: Perron, N. R., & Brumaghim, J. L. 2009:82)

Aktivitas bivalensi yaitu ionisasi 2 ion  $H^+$  dari senyawa timbal(II) atau  $Pb^{2+}$  sama dengan  $Fe^{2+}$ , maka reaksi senyawa antioksidan dalam pengikatan  $Pb^{2+}$  akan sama dengan  $Fe^{2+}$ . Timbal(II) atau  $Pb^{2+}$  memiliki 2 ion  $H^+$  seperti  $Fe^{2+}$ , sehingga memerlukan donor dua elektron lagi. Berdasarkan gambar 2 di atas, maka senyawa antioksidan mampu mengikat  $Pb^{2+}$  dan akan membentuk senyawa kompleks yang lebih stabil.

Perlakuan C dengan 12 jenis bahan bumbu mencakup semua bumbu pada perlakuan A dan B (cabe rawit, cabe merah, bawang merah, tomat, daun kemangi, daun bawang, serai, daun jeruk, bawang putih, jahe, daun pandan, dan kemiri). Adapun beberapa jenis bahan bumbu dan kandungan antioksidan dalam bumbu-bumbu tersebut adalah sebagai berikut.

Cabe rawit mengandung metabolit sekunder yang berguna bagi tubuh manusia seperti antioksidan (karotenoid, vitamin C, dan capsaicin). Senyawa antioksidan dapat menghambat reaksi oksidasi dan menangkal radikal bebas. Kandungan antioksidan di dalam buah cabe rawit ditentukan dari varietas dan tingkat kematangannya (Kusumiyati, dkk., 2021).

Cabe merah mengandung vitamin C dan kandungannya tertinggi dibandingkan sayuran lain. Lama penyimpanan menyebabkan penurunan kandungan vitamin C dan aktivitas antioksidan cabe merah. Vitamin C merupakan antioksidan yang bermanfaat bagi kesehatan tubuh manusia (Budiarti, A., dan Kurnianingrum, D. A. E., 2017).

Bawang merah mengandung senyawa flavonoid. Fraksi etil asetat adalah golongan flavonol yang merupakan jenis antioksidan alami (Rahayu, dkk., 2015). Struktur flavonoid mempunyai lebih dari satu gugus fenol (gugus –OH dan aromatik) serta mempunyai ikatan rangkap yang terkonjugasi. Flavonoid dapat mendonorkan satu atom hidrogen dari gugus hidroksil (OH) fenolik ketika bereaksi dengan radikal bebas (Kamilatussaniah, dkk., 2015).

Tomat (*Lycopersicon esculentum*) mengandung banyak senyawa antioksidan (fenolik, flavonoid, vitamin C, dan likopen). Senyawa antioksidan dapat menghambat proses oksidasi yang dapat menimbulkan penyakit kronis ataupun degeneratif. Pada metode penanaman tomat (konvensional dan organik) mempengaruhi aktivitas antioksidan selain faktor masa simpan (Eveline, E., dkk., 2014).

Daun kemangi mengandung senyawa flavonoid, eugenol, arigin, anetol, boron, dan minyak atsiri. Flavonoid dan eugenol adalah antioksidan yang mampu menetralkan kolesterol dan bersifat antikanker. Daun kemangi mengandung antioksidan yang sangat bermanfaat untuk melawan radikal bebas yang terdapat di dalam tubuh manusia (Wijaraya, dkk., 2019).

Daun bawang merah mengandung quercetin yang merupakan bagian dari senyawa flavonoid dan bersifat anti mikroba baik bakteri ataupun jamur seperti *Staphylococcus aureus*, *Pennicilium* sp. dan *Aspergillus niger*, *Escherichia coli*,

*Bacillus cereus*. Kandungan antioksidan dalam bawang merah yaitu flavonoid, alkaloid, glycoside dan tanin (Wardi, A. S., dkk., 2017).

Serai mengandung antioksidan yaitu senyawa sitronelal dan geraniol. Peran dari antioksidan di dalam biosintesis prostaglandin. Adapun prostaglandin dapat menimbulkan sensasi rasa nyeri pada tubuh. Antioksidan mempunyai peranan dalam mengurangi rasa nyeri haid. Serai mengandung antioksidan alami dan anti inflamasi yang dapat mencegah radikal bebas (Royhanaty, I., dkk., 2018).

Daun jeruk nipis (*Citrus aurantifolia*) mengandung flavonoid seperti quersetin serta fenolik yang bersifat sebagai antioksidan. Daun jeruk nipis (*Citrus aurantifolia*) merupakan salah satu tanaman yang dimanfaatkan sebagai penambah nafsu makan, penurun panas, diare, menguruskan badan, antiinflamasi, antioksidan, dan antibakteri (Yanuary, R., 2021).

Bawang putih mengandung senyawa allisin yang merupakan antioksidan utama dalam umbi bawang putih. Senyawa allicin akan menghasilkan asam sulfenic, suatu senyawa yang bisa menetralkan radikal bebas. Salah satu turunan dari allisin adalah dialil trisulfida (DATS) yang mampu berperan sebagai antioksidan. Senyawa organosulfur pada bawang putih bermanfaat sebagai antioksidan untuk menetralkan radikal bebas (Werdhasari, 2014).

Jahe (*Zingiber officinale*), adalah tanaman rimpang yang sangat populer sebagai rempah-rempah dan bahan obat. Jahe mengandung senyawa aktif dan sebagian besar adalah gingerol. Gingerol sebagai salah satu bentuk senyawa fenolik yang terkandung di dalam jahe berpotensi sebagai antioksidan. Senyawa antioksidan diperlukan untuk mengatasi serangan radikal bebas (Mudin, dkk., 2021).

Pandan wangi (*Pandanus amaryllifolius*) adalah salah satu tumbuhan yang banyak tumbuh di wilayah Asia Tenggara, seperti di Indonesia. Pandan wangi merupakan jenis tumbuhan monokotil dari famili Pandanaceae, memiliki aroma wangi khas dan mengandung alkaloid, flavonoid, saponin, tanin, serta polifenol yang berperan sebagai zat antioksidan (Margaretta, S., dkk., 2013).

Biji kemiri merupakan salah satu rempah-rempah yang mengandung zat aktif yaitu saponin dan flavonoid. Kandungan flavonoid dalam biji kemiri bermanfaat sebagai zat antioksidan yang mampu menstabilkan radikal bebas, sedangkan saponin dapat berperan sebagai antibakteri (Rahman, K. M. A., dkk., 2018).

Reaksi kimia kerja antioksidan dalam mengikat radikal bebas yaitu antioksidan akan mencegah pembentukan senyawa radikal bebas baru atau mengubah radikal bebas yang telah terbentuk menjadi lebih stabil dengan memutus reaksi berantai (polimerisasi). Selanjutnya antioksidan akan memotong reaksi oksidasi berantai dari radikal bebas atau dengan cara menangkap radikal bebas sehingga radikal bebas tidak akan bereaksi dengan komponen seluler.

Menurut BPOM nomor 5 tahun 2018, batas maksimum cemaran logam timbal dalam pangan olahan jenis udang dan krustasea lain adalah 200 ppm. Berdasarkan data hasil penelitian, perlakuan kontrol (tanpa variasi bumbu) menunjukkan kadar logam timbal yang belum melebihi batas maksimum cemaran logam timbal dalam pangan yaitu 256,8 ppb. Walaupun demikian perlu adanya upaya untuk mengurangi kadar logam timbal dengan memanfaatkan bumbu atau rempah-rempah, karena logam berat bersifat toksik bagi kesehatan manusia.

## **2. Sumber Belajar Biologi dalam Bentuk LKPD**

Sumber belajar biologi dalam bentuk LKPD yang dirancang berdasarkan hasil penelitian tentang pengaruh bumbu terhadap kadar logam timbal pada daging kepiting bakau merupakan sebuah contoh pengembangan perangkat pembelajaran. Sumber belajar biologi berupa LKPD ini berperan sebagai fasilitas untuk mempermudah proses pembelajaran peserta didik. Materi atau topik yang dipelajari dalam LKPD ini mengacu pada KD 3.1 yaitu memahami sanitasi dan higiene di bidang makanan. Materi yang dikaji berkaitan dengan paket keahlian pengawasan mutu hasil pertanian dan perikanan untuk siswa-siswi SMK/MAK kelas sepuluh mata pelajaran keamanan pangan.

Manfaat dari LKPD yang didasari oleh hasil penelitian pengaruh bumbu terhadap logam timbal pada kepiting bakau yaitu peserta didik mampu memahami

pengertian sanitasi dan higiene di bidang makanan, serta dapat melakukan penilaian penerapan hygiene dan sanitasi makanan. Siswa akan menganalisis bahaya unsur kimia pada tahapan pengolahan kepiting bakau yang berdampak nyata terhadap keamanan pangan dan berpotensi menyebabkan dampak buruk pada kesehatan. LKPD ini layak dijadikan sebagai sumber belajar biologi. Berdasarkan data hasil validasi yang telah dilakukan pada aspek desain mencapai nilai kelayakan sebesar 77,5% dan aspek materi yaitu 96,2%. Nilai berada pada rentang 76% - 100% atau pada kriteria “Baik”.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan tentang pengaruh bumbu pada kepiting bakau (*Scylla olivacea*) terhadap kadar logam timbal (Pb) sebagai sumber belajar biologi dalam bentuk LKPD, dapat disimpulkan bahwa:

1. Terdapat pengaruh perlakuan variasi bumbu terhadap kadar logam timbal (Pb) pada daging kepiting bakau (*Scylla olivacea*) dengan perhitungan uji hipotesis yaitu  $F_{hitung} = 25,27 \geq F_{daftar} = 2,95$  maka  $H_0$  ditolak.
2. Variasi bumbu yang paling tepat dalam menurunkan kadar timbal (Pb) pada daging Kepiting Bakau (*Scylla olivacea*) adalah variasi bumbu C (12 jenis bahan bumbu: cabe rawit, cabe merah, bawang merah, tomat, daun kemangi, daun bawang, serai, daun jeruk, bawang putih, jahe, daun pandan, kemiri). Selisih nilai kadar timbal perlakuan kontrol dan perlakuan C mencapai 108,4 ppb. Persentase penurunan kadar logam timbal pada perlakuan C yaitu sebesar 42,21%.
3. LKPD hasil penelitian tentang pengaruh bumbu terhadap kadar logam timbal (Pb) pada daging kepiting bakau (*Scylla olivacea*) layak dijadikan sebagai sumber belajar biologi. Berdasarkan data hasil validasi yang telah dilakukan pada aspek desain mencapai nilai kelayakan sebesar 77,5% dan aspek materi yaitu 96,2%. Nilai berada pada rentang 76% - 100% atau pada kriteria “Baik”.

### Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran bagi peneliti berikutnya.

1. Penelitian dapat menambahkan beberapa bahan bumbu seperti kunyit dan belimbing wuluh serta menggunakan variasi metode memasak untuk menurunkan kadar logam timbal dalam makanan.
2. Penelitian pengaruh variasi bumbu pada kepiting bakau dapat diamati untuk melihat kadar logam selain timbal.
3. Penelitian dapat menggunakan sampel dari jenis produk perikanan lain selain kepiting bakau.

### DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM). 2018. Batas Maksimum Cemaran Logam Berat dalam Pangan Olahan. Jakarta. h.3.
- Budiarti, A., & Elisa Kurnianingrum, D. A. 2017. Pengaruh Suhu dan Lama Penyimpanan terhadap Kandungan Vitamin C dalam Cabai Merah (*Capsicum annum. L*) dan Aktivitas Antioksidannya. *Jurnal Ilmu Farmasi dan Farmasi Klinik*, 134-140.
- Eveline, E., Siregar, T. M., & Sanny, S. 2014. Studi Aktivitas Antioksidan pada Tomat (*Lycopersicon esculentum*) Konvensional dan Organik Selama Penyimpanan. *Prosiding SNST Fakultas Teknik*, 1(1).
- Kamilatussaniah, K., Yuniastuti, A., & Iswari, R. S. 2015. Pengaruh Suplementasi Madu Kelengkeng terhadap Kadar TSA dan MDA Tikus Putih yang di Induksi Timbal (Pb). *Indonesian Journal of Mathematics and Natural Sciences*, 38(2), 108-114.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan, 2016. Pedoman Pemeriksaan/Identifikasi Jenis Ikan Dilarang Terbatas (Kepiting Bakau/ *Scylla spp.*). diterbitkan oleh Pusat Karantina dan Keamanan Hayati Ikan Badan Karantina Ikan, Pengendalian Mutu dan Keamanan Hasil Perikanan Kementerian Kelautan dan Perikanan. ISBN 978-602-97141-1-1.
- Kusumiyati, K., Putri, I. E., Sutari, W., & Hamdani, J. S. (2021). Kandungan Karotenoid, Antioksidan, dan Kadar Air Dua Varietas Cabai Rawit pada Tingkat Kematangan Berbeda dan Deteksi Non-Destruktif. *Jurnal Agro*, 8(2),
- Malangngi, L., Sangi, M., & Paendong, J., 2012. Penentuan Kandungan Tanin dan Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak Biji Buah Alpukat (*Persea americana Mill.*). *Jurnal MIPA*, 1(1), 5-10.

- Margaretta, S., Handayani, S. D., Indraswati, N., & Hindarso, H. 2013. Ekstraksi Senyawa Phenolic Pandanus amaryllifolius Roxb. sebagai Antioksidan Alami. *Widya Teknik*, 10(1), 20-30.
- Mudin, M. U., Muaida, M., Saputra, M. R., Lestari, K. C., Khotimah, K., & Janah, M. 2021. Inovasi Minuman Ekstrak Jaheceang untuk Meningkatkan Kesehatan Masyarakat di PKK Desa Pasir Barat Kecamatan Jambe Kabupaten Tangerang. *Pengabdian Sosial*, 1(2).
- Mulyanto, R. T., Sumadi, S., & Miswar, D. 2018. Evaluasi Kesesuaian Lahan Tambak Menggunakan Aplikasi Sistem Informasi Geografi di Kecamatan Labuhan Maringgai. *JPG (Jurnal Penelitian Geografi)*, 6(8).
- Perron, N. R., & Brumaghim, J. L. 2009. Review of the Antioxidant Mechanisms of Polyphenol Compounds Related to Iron Binding. *Cell Biochemistry and Biophysics*, 53(2), 75-100.
- Purnamasari, V. N., Widiyanto, A. F., & Kuswanto, K. 2014. Analisis Kandungan Timbal (Pb) dan Laju Konsumsi Aman pada Kepiting Bakau (*Scylla serrata* Forskal) di Sungai Donan Cilacap. *Kesmas Indonesia*, 6(3), 157-165.
- Rahayu, S., dkk. 2015. Ekstraksi dan Identifikasi Senyawa Flavonoid dari Limbah Kulit Bawang Merah sebagai Antioksidan Alami. *Al Kimiya*. Vol. 2 No 2: 1-8.
- Rahman, K. M. A., Wahyuningsih, S., & Widodo, E. 2018. Pengaruh Penggunaan Tepung Biji Kemiri dalam Pakan terhadap Kinerja Reproduksi Burung Puyuh (*Coturnix coturnix japonica*). *Jurnal Nutrisi Ternak Tropis*, 1(1), 24-33.
- Royhanaty, I., Mayangsari, D., & Novita, M. 2018. Manfaat Minuman Serai (*Cymbopogo citrus*) dalam Menurunkan Intensitas Dismenore. *Jurnal SMART Kebidanan*, 5(1), 37-46.
- Selly, J. B. 2018. Efektifitas Ekstrak Faloak (*Stercullia quadrifida* R. Br) sebagai Chelator bagi Radikal FeS Akibat Pencemaran Logam Timbal. *CHMK Health Journal*, 2(2), 23-23.
- Susilawati, D. 2021. Pengaruh Variasi Perendaman Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*) dalam Asam Buah Alami terhadap Penurunan Kadar Timbal (Pb) di Tambak Tradisional Pasir Sakti Lampung Timur. *BIOLOVA*, 2(2), 134-143.
- Susilawati, M. 2015. Perancangan Percobaan. *Jurusan Matematika Fakultas MIPA Universitas Udayana*.
- Wardi, A. S., Suthama, N., & Mangisah, I. 2017. Pengaruh Penggunaan Tepung Daun Bawang Merah dalam Ransum terhadap Asupan Protein, Retensi Nitrogen dan Rasio Heterofil Limfosit pada Itik Tegal, Doctoral Dissertation, Fakultas Peternakan Dan Pertanian Universitas Diponegoro.
- Werdhasari, A. 2014. Peran Antioksidan Bagi Kesehatan. *Jurnal Biotek Medisiana Indonesia*, 3(2), 59-68.
- Widowati, H., Sutanto, A., & Sulistiani, W. S. 2021. Pengembangan Minapolitan Pasir Sakti dalam Memanfaatkan Produk Utama dan Sampingan Tambak Udang Secara Berkelanjutan melalui Pemberdayaan Potensi Kearifan Lokal.

- SNPPM-3 (Seminar Nasional Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat). ISBN 978-623-90328-7-6. h. 279.
- Wijaraya, H., Caronge, M. W., & Rais, M. 2019. Pengaruh Penambahan Bubur Daun Kemangi (*Ocimum basilicum* L.) terhadap Kandungan Gizi Kerupuk Sagu. *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*, 5(1), 30-40.
- Yanuary, R. 2021. Uji Aktivitas Antioksidan Daun Jeruk Nipis (*Citrus aurantifolia*) Secara Spektrofotometri Uv-Vis. *Jurnal Farmasindo*, 5(1), 53-56.