



MUTU FISIKOKIMIA DAN MIKROBIOLOGI RAJUNGAN (*Portunus pelagicus*) HASIL TANGKAPAN DI KABUPATEN REMBANG, JAWA TENGAH

Rodiah Nurbaya Sari^{1,2*}, Marimin³, Uju⁴, Etty Riani⁵,
Sri Suryo Sukoraharjo⁶, Ema Hastarini⁷, Franciscus Edi Priyono⁷,
Sunarto Zulkifli¹, Arief Wicaksono⁸

¹Program Doktor Ilmu Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan, Pascasarjana IPB University,
Gedung Sekolah Lantai II Kampus IPB Baranangsiang Bogor Indonesia 16144

²Pusat Riset Bioindustri Laut dan Darat, Organisasi Riset Kebumihan dan Maritim BRIN
Laterio Building Jakarta Indonesia 14430

³Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB University
PO Box 220 Bogor Indonesia 16002

⁴Departemen Teknologi Hasil Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University
Jalan Agatis Kampus IPB Dramaga Indonesia 16680

⁵Departemen Manajemen Sumber Daya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University
Jalan Agatis Kampus IPB Dramaga Indonesia 16680

⁶Pusat Riset Perikanan, Organisasi Riset Kebumihan dan Maritim BRIN
Gedung Biologi KST Soekarno Cibinong

Jalan Raya Bogor KM.47 Cibinong Indonesia 16911

⁷Balai Besar Riset Pengolahan Produk dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan, Badan Penyuluhan dan
Pengembangan Sumber Daya Manusia Kelautan dan Perikanan, Kementerian Kelautan dan Perikanan,
Jalan KS. Tubun Petamburan VI Jakarta Pusat Indonesia 10260

⁸Politeknik Enjiniring Pertanian Indonesia

Jalan Sinarmas Boulevard, Situ Gadung No 01 Kecamatan Pagedangan Tangerang Banten Indonesia 15338

Dikirim: 12 Juli 2024/Diterima: 21 Januari 2025

*Korespondensi: rodiahnurbayasari@apps.ipb.ac.id/rodi003@brin.go.id

Cara sitasi (APA Style 7th): Sari, R. N., Marimin, Uju, Riani, E., Sukoraharjo, S. S., Hastarini, E., Priyono, F. E., Zulkifli, S., & Wicaksono, A. (2025). Mutu fisikokimia dan mikrobiologi rajungan (*Portunus pelagicus*) hasil tangkapan di Kabupaten Rembang, Jawa Tengah. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 28(1), 91-108. <http://dx.doi.org/10.17844/jphpi.v28i1.57136>

Abstrak

Rajungan (*Portunus pelagicus*) merupakan komoditas perikanan yang menjadi andalan ekspor Indonesia, umumnya dalam bentuk daging rebus kupas beku dan bersifat mudah rusak. Tingginya potensi penangkapan dan pemanfaatan daging rajungan, maka tujuan penelitian adalah menentukan mutu fisikokimia dan mikrobiologi rajungan hasil tangkapan di Kabupaten Rembang, Jawa Tengah. Sampel yang digunakan adalah rajungan segar beku, rebus beku, dan daging rebus yang dikupas oleh rumah tangga nelayan dan miniplants. Analisis yang dilakukan, yaitu yield, kadar protein, profil asam amino, TVB-N, cemaran mikrob, dan logam berat. Hasil penelitian menunjukkan yield 28,36-42,34%, kadar protein 17,98±0,64 dan 21,24±1,47% (bb), jumlah lisina 1,79-1,87%, asam glutamat 4,05-4,78% (b/b), *hardness* 22,145-38,096 N, dan *cohesiveness* 0,476-0,638. Nilai TVB-N rajungan (segar dan rebus) dan daging rajungan antara 9,51±1,67-54,68±0,00 mg N/100 g sampel. Daging rajungan tidak ditemukan *Salmonella* (negatif), *Escherichia coli* < 0,3 APM/100 g sampel, dan ALT 6,15×10⁸ CFU/g sampel. Cemaran logam berat daging rajungan, yaitu Pb 0,12±0,09 mg/kg sampel, Cd 0,15±0,12 mg/kg sampel, dan Hg 1,48±0,71 mg/kg sampel. Rajungan hasil tangkapan di Kabupaten Rembang memiliki kualitas yang baik. Logam berat Hg yang ditemukan pada daging rajungan kupas di *miniplant* berada di atas ambang batas yang diizinkan sehingga masih harus memerlukan pengujian lebih lanjut.

Kata kunci: asam amino, cemaran mikrob, ekspor, *miniplant*, protein

Physicochemical and Microbiological Quality of Blue Swimming Crab (*Portunus pelagicus*) Caught in Rembang District, Central Java

Abstract

Blue swimming crab (*Portunus pelagicus*) is a fishery commodity that is the mainstay of Indonesian exports. Generally, exporters export crab as frozen, peeled, boiled meat, which is perishable. Considering the high potential of crab catching and the utilization of crab meat as an export commodity, it is necessary to research to determine the physicochemical and microbiological quality of crab caught in Rembang Regency, Central Java. The samples used were frozen fresh crab, frozen boiled, and peeled boiled meat by fishing households and miniplants. The analyses performed were yield, protein content, amino acid profile, TVB-N, microbial contamination, and heavy metals. The results showed a yield of 28.36-42.34%, protein content of 17.98±0.64 and 21.24±1.47% (b/w), total lysine 1.79-1.87%, glutamic acid 4.05-4.78% (b/w), hardness 22.145-38.096 N, and cohesiveness 0.476-0.638. TVB-N values of crab (fresh and boiled) and crab meat ranged from 9.51±1.67 to 54.68±0.00 mg N/100 g sample. There was no *Salmonella* (negative), *Escherichia coli* <0.3 APM/100 g sample, and ALT 6.15×10⁸ CFU/g sample. Heavy metal contamination of crab meat was Pb 0.12±0.09 mg/kg sample, Cd 0.15±0.12 mg/kg sample, and Hg 1.48±0.71 mg/kg sample. Captured blue swimming crab in Rembang Regency has good quality. The heavy metal Hg found in peeled crab meat in miniplants was above the permissible threshold, requiring further testing.

Keywords: amino acid, export, microbiological contamination, miniplants, protein

PENDAHULUAN

Rajungan (*Portunus pelagicus*) adalah salah satu komoditas perikanan yang saat ini menjadi andalan ekspor Indonesia dengan kontribusi sebesar 28,341 ton (USD 105,11 juta). Umumnya rajungan di Indonesia diekspor dalam bentuk daging beku (*frozen*). Negara top tujuan ekspor rajungan Indonesia yaitu Jepang, China, dan Korea Selatan. Negara ekspor lainnya yaitu Amerika Serikat, Taiwan, dan Hong Kong. Nilai ekspor produk perikanan Indonesia hingga September 2024 mencapai USD 4,23 miliar dengan total volume ekspor sebesar 1,02 juta ton (Kementerian Kelautan dan Perikanan [KKP], 2024). Peningkatan sebesar 40,4% pada ekspor rajungan-kepiting memberikan kontribusi positif bagi pertumbuhan nilai ekspor keseluruhan produk perikanan Indonesia.

Peningkatan ekspor rajungan di Indonesia masih menghadapi tantangan dan permasalahan di antaranya adalah ancaman terhadap keberlanjutan (*sustainability*) sumber daya rajungan di alam (laut) akibat eksploitasi berlebihan, *fishing technology* yang tidak ramah lingkungan, pencemaran laut, dan degradasi ekosistem pesisir. Pengetahuan, kesadaran, dan kapasitas nelayan untuk melakukan *responsible fisheries* (penangkapan yang ramah lingkungan, mencatat dan melaporkan hasil tangkapan/*logbook*)

umumnya masih rendah, teknologi budi daya rajungan (pembenihan dan pembesaran) belum begitu berkembang dan berisiko tinggi sehingga usaha penangkapan menjadi lebih menguntungkan (menarik). Persyaratan ekspor dari negara-negara tujuan semakin ketat terutama mengenai standar kualitas, keamanan pangan (*food safety*), *traceability*, ramah lingkungan, dan sertifikasi antara lain: *Marine Stewardship Council* (MSC), *Seafood Watch*, dan *Sustainable Fisheries Partnership* (SFP) *Rating*.

Usaha pemerintah Indonesia dalam memenuhi sistem jaminan mutu dan keamanan hasil perikanan diperlukan mutlak, mengingat rajungan merupakan salah satu hasil perikanan yang umumnya bersifat *perishable food* (mudah rusak/busuk). Penurunan mutu pada daging rajungan disebabkan oleh aktivitas enzim dan bakteri sehingga diperlukan penanganan rajungan dan pengolahannya yang terjamin baik. Pengembangan pascapanen diperlukan khususnya pembinaan mutu produk dan penerapan standar mutu. Mutu produk perikanan sebagian besar ditentukan berdasarkan penampilan, keseragaman, tidak adanya cacat, dan penyimpangan (Yusuf, 2012).

Daging rajungan yang akan dijadikan bahan baku untuk produk pasteurisasi



(*pasteurized crab meat*) yaitu daging rajungan bermutu baik dengan kriteria: (1) bentuk: rajungan hidup, utuh segar, utuh rebus atau berupa daging dalam kondisi dingin atau beku, (2) asal: bahan baku dari perairan yang tidak tercemar, (3) mutu: bahan baku bersih, bebas dari setiap bau yang menandakan pembusukan, bebas dari tanda dekomposisi dan pemalsuan, bebas dari sifat-sifat alamiah lain yang dapat menurunkan mutu serta tidak membahayakan kesehatan, (4) bentuk daging ketampakan: bersih dan cemerlang, (5) bau: segar spesifik jenis, (6) tekstur: padat kompak, (7) bentuk utuh kenampakan: utuh, bersih, cemerlang, antar ruas kokoh dan kuat (Badan Standardisasi Nasional [BSN], 2010). Herbowo *et al.* (2016) menyatakan bahwa daging rajungan yang sudah busuk dapat dilihat dari kulitnya yang terbuka dan merenggang, perubahan tekstur daging mengering dan tidak terdapat lagi cairan dalam kulit, dan oksidasi lemak pada daging menyebabkan perubahan bau, cita, dan rasa.

Indonesia sebagai negara yang berpotensi tinggi untuk terus melakukan ekspor rajungan, ke depannya akan mengalami permasalahan dalam menjamin keberlanjutan (*sustainability*) sumber daya rajungan di alam (laut), sehingga pemerintah Indonesia menetapkan wilayah pengelolaan perikanan (WPP) melalui Kepmen KP RI No. 83/Kep Men-KP/2022 menjadi sebelas. Laut Jawa merupakan salah satu WPP yang mendukung bagian paling besar yaitu 46,6% dari total produksi rajungan. Jawa Tengah dan Kabupaten Rembang merupakan wilayah di Laut Jawa yang berpotensi pada bidang perikanan (*Sustainable Fisheries Partnership [SFP]* & Asosiasi Pengelolaan Rajungan Indonesia [APRI], 2019).

Kabupaten Rembang memiliki tempat pendaratan rajungan yaitu Pelabuhan Perikanan (PP) Karanganyar dengan empat belas tempat pelelangan ikan (TPI). TPI aktif beroperasi ada sebelas dan tersebar di enam kecamatan meliputi Kaliori, Rembang, Lasem, Sluke, Kragan, dan Sarang (Primadjati *et al.*, 2014). Permasalahan yang dihadapi nelayan di Kabupaten Rembang dalam menangkap rajungan misalnya GT kapal yang kecil (< 5 GT) sehingga hanya dapat melaut dalam waktu

satu hari dan daerah tangkapan rajungan saat ini hanya di sekitar 1-40 m dari pesisir dengan hasil tangkapan rajungan biasanya hanya memiliki panjang < 13 cm. Hal tersebut membatasi pengerjaan rajungan di atas kapal.

Mutu rajungan di Kabupaten Rembang, Jawa Tengah ditentukan setelah menjadi produk olahan. Rajungan hasil tangkapan nelayan dijual ke pengepul lalu *miniplants* untuk diolah (dikupas) menjadi produk daging rebus beku, selanjutnya dikirim ke perusahaan pengeskor. Proses sortasi terhadap produk dilakukan oleh perusahaan pengeksport tersebut. Namun terdapat beberapa tantangan dalam mengembangkan sektor ekonominya terutama dari perikanan, yaitu infrastruktur yang belum memadai dalam pengolahan rajungan sehingga mempengaruhi kualitas daging rajungan kupas sebagai bahan baku pengalengan (Pandelaki, 2016). Potensi penangkapan rajungan dan pemanfaatan daging rajungan kupas sebagai komoditas ekspor di Kabupaten Rembang, Jawa Tengah sangat tinggi, sehingga diperlukan penelitian untuk menentukan mutu fisikokimia dan mikrobiologi rajungan (*Portunus pelagicus*) hasil tangkapan di Kabupaten Rembang, Jawa Tengah.

BAHAN DAN METODE

Preparasi Bahan

Sampel yang digunakan adalah rajungan segar beku dan rebus beku (*Figure 1*) yang diperoleh dari nelayan penangkap di TPI Tanjung Sari, Kecamatan Rembang, Kabupaten Rembang, Jawa Tengah. Rajungan rebus beku diperoleh dari nelayan yang umumnya melakukan waktu penangkapan (*trip*) selama lebih dari satu hari (empat dan delapan hari). Rajungan hasil tangkapan direbus di kapal dengan suhu 80-90°C selama 15-20 menit. Rajungan rebus setelah sampai di tempat pengupasan kemudian dikupas dan dipisahkan tiap-tiap bagian (*Figure 2*). Tempat *sampling* yaitu unit pengupas rumah tangga nelayan dan *miniplants*. Daging dari tiap-tiap bagian (dua tempat *sampling*) dikemas dalam kemasan plastik/mika dan disimpan pada $\pm 4^{\circ}\text{C}$.

Sampel disiapkan untuk dibawa ke laboratorium menggunakan *cool box* dan



(A)



(B)

Figure 1 Blue swimming crab; (A) frozen fresh and (B) frozen boiled
Gambar 1 Rajungan (A) segar beku dan (B) rebus beku



Figure 2 Peeled meat of blue swimming crab
Gambar 2 Daging rajungan kupas

ditambahkan es curah. Waktu tempuh sampel sampai di laboratorium sekitar 9-10 jam. Tiap-tiap jenis sampel dimasukkan ke dalam kantong plastik dan diletakan bersusun dalam *cool box* yang berbeda. Es curah ditambahkan di bagian bawah dan atas tiap lapisan sampel

sampai semua bagian sampel tertutupi. Setelah sampel sampai di laboratorium, sampel langsung dianalisis agar kondisinya masih dalam keadaan baik. Analisis di laboratorium dilakukan sebanyak tiga kali ulangan.



Analisis Sampel

Rajungan rebus beku yang diperoleh dihitung rendemennya setelah menjadi daging kupas. Pengupasan dilakukan oleh pekerja di *miniplants* dan pengupas rumah tangga nelayan. Rendemen daging rajungan rebus kupas dihitung dari 20 ekor rajungan rebus beku. Perhitungan rendemen menggunakan rumus berikut (BSN, 2011):

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{A \text{ (g)}}{B \text{ (g)}} \times 100$$

Keterangan:

A = bobot daging rajungan rebus kupas

B = bobot daging rajungan rebus utuh

Sampel rajungan segar beku, rebus beku, dan rebus kupas dianalisis meliputi parameter kadar protein, profil asam amino, uji tekstur, *total volatile base-nitrogen* (TVB-N), mikrobiologi, dan logam berat.

Kadar protein

Pengujian kadar protein dilakukan di Laboratorium Bioteknologi BRIN Serpong menggunakan metode Kjeldahl (AOAC, 2005). Sampel 2 g ditimbang pada kertas timbang, lalu sampel yang dibungkus dengan kertas timbang dimasukkan ke labu destruksi. Tablet katalis (2 buah) dan beberapa butir batu didih juga dimasukkan ke dalam labu destruksi. H_2SO_4 pekat 15 mL ditambahkan dengan 3 mL H_2O_2 , kemudian didiamkan selama 10 menit dalam ruang asam. Proses destruksi dilakukan pada suhu 410°C selama ± 2 jam (sampai larutan jernih), lalu didiamkan sampai mencapai suhu ruang dan ditambahkan 50-75 mL akuades. Erlenmeyer 250 mL yang berisi 25 mL H_3BO_3 4% mengandung indikator disiapkan. Labu berisi hasil destruksi dipasang pada rangkaian alat distilasi uap dan ditambahkan 50-75 mL larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$. Distilasi dilakukan hingga volume mencapai minimal 150 mL (larutan berwarna hijau), lalu distilat sampel dititrasi dengan HCl 0,2 N sampai warna berubah menjadi abu-abu netral dan dilakukan pencatatan volume HCl 0,2 N untuk kebutuhan titrasi. Sampel yang diuji adalah daging rajungan rebus yang dikupas oleh pengupas rumah tangga nelayan dan *miniplants* dengan masing-masing tiga

kali ulangan. Perhitungan kadar protein (%) menggunakan rumus:

$$\text{Kadar protein (\%)} = \frac{(V_A - V_B) \times N \text{ HCl} \times 14,007 \times 6,25 \times 100\%}{W \times 1000}$$

Keterangan:

V_A = volume HCl untuk titrasi contoh

V_B = volume HCl untuk titrasi blangko

N = normalitas HCl

14,007 = berat atom nitrogen

6,25 = faktor konversi protein untuk produk perikanan

W = berat sampel

Profil asam amino

Analisis profil asam amino dilakukan di Laboratorium Terpadu IPB dengan metode AOAC (2005) menggunakan instrumen *High-Performance Liquid Chromatography* (HPLC) Shimadzu. Sampel 0,1-0,5 g ditambahkan 5 mL HCl 6 N, di-vortex kemudian ditambahkan gas nitrogen dan dihidrolisis pada suhu 110°C selama 22 jam. Hidrolisat yang diperoleh didinginkan pada suhu kamar lalu dipindahkan ke labu ukur 100 mL dan ditambahkan aquabidest sampai tanda batas. Kemudian hidrolisat disaring dengan filter $0,45 \mu\text{m}$. Hidrolisat $500 \mu\text{L}$ ditambahkan $40 \mu\text{L}$ α -Aminobutyric acid (AABA) dan $\pm 460 \mu\text{L}$ akuabides. Larutan dipipet $10 \mu\text{L}$ dan ditambahkan $70 \mu\text{L}$ AccQ-fluor borate, lalu di-vortex. Larutan yang sudah di-vortex tersebut ditambahkan $20 \mu\text{L}$ reagen fluor A dan di-vortex kembali, selanjutnya didiamkan selama satu menit. Larutan diinkubasi selama 10 menit pada suhu 55°C dan disuntikan ke HPLC. Kondisi kromatografi menggunakan kolom C18 dengan suhu 37°C , fase gerak asetronitril 60%, detektor fluoresence, laju alir 1 mL/menit, dan volume penyuntikan $5 \mu\text{L}$. Sampel yang dianalisis adalah daging rajungan rebus kupas yang dikupas oleh pengupas rumah tangga nelayan dan *miniplants* dengan masing-masing satu kali ulangan. Konsentrasi asam amino (% b/b) dihitung menggunakan rumus:

$$A = \frac{\left(\frac{B}{D}\right) \times C_{\text{std}} \left(\frac{P_{\text{mol}}}{\mu\text{L}}\right) \times \text{BM} \times \text{fp}(\mu\text{L})}{\frac{E}{F} \times 1,000,000 \times G \times 1,000} \times 100$$

Keterangan:

A	= konsentrasi asam amino (% b/b)
B	= area asam amino sampel
D	= area AABA sampel
C _{std}	= konsentrasi standar
BM	= berat molekul
fp	= faktor pengenceran sampel
E	= area asam amino standar
F	= area AABA standar

Uji tekstur

Pengujian tekstur meliputi *hardness* (kekerasan), *springiness* (elastisitas), *chewiness* (kekenyalan), dan *cohesiveness* (kekompakan atau konsistensi) dilakukan di Laboratorium Agroindustri dan Biomedika (LAPTIAB) BRIN Serpong menggunakan TA.XTplus dengan *working mode: compression test, pre-test speed: 5,0 mm/s, test speed: 5,0 mm/s, post-test speed: 5,0 mm/s, dan distance/strain: 3,0 mm/50%*. Sampel yang diuji adalah daging rajungan rebus yang dikupas oleh pengupas rumah tangga nelayan dan *miniplants* dengan masing-masing dua kali ulangan.

Total volatile base nitrogen (TVB-N)

Pengujian *total volatile base-nitrogen* (TVB-N) dilakukan di Balai Pengujian Mutu Hasil Perikanan (BPMHP) Pluit, Jakarta mengacu pada BSN (2009). Pengujian TVB-N terdiri atas tiga tahap yaitu tahap ekstraksi, distilasi, dan titrasi. Tahap ekstraksi diawali dengan menimbang sampel 10 g, kemudian ditambahkan 90 mL larutan asam perklorat (PCA) 6% dan dihomogenkan, lalu disaring menggunakan kertas saring kasar. Selanjutnya yaitu tahap distilasi yaitu ekstrak 50 mL dimasukkan ke tabung distilasi dan ditambahkan 3-5 tetes indikator Fenolftalein, beberapa tetes silikon antifoaming, dan 10 mL NaOH 20% (larutan berwarna merah muda). Kemudian tabung distilasi dipasang pada peralatan distilasi uap dan disiapkan erlenmeyer 250 mL yang berisi 100 mL H₃BO₃ 3% dan 3-5 tetes indikator Tashiro (larutan berwarna biru tua). Proses dilakukan sampai memperoleh distilat sebanyak 100 mL, sehingga volume akhir 200 mL (larutan berwarna hijau). Tahap terakhir yaitu titrasi. Sampel dititrasi dengan HCl 0,02 N sampai

warna larutan berubah menjadi biru tua lagi. Volume titrasi dicatat dan menghitung kadar TVB. Sampel yang diuji adalah rajungan (segar dan rebus) dan daging rajungan rebus kupas dengan masing-masing dua kali ulangan. Perhitungan nilai TVB-N menggunakan rumus:

$$\text{TVBN} = \frac{(V_C - V_B) \times N \text{ HCl} \times 14,007 \times 2 \times 100}{W}$$

Keterangan:

V _C	= volume HCl untuk titrasi sampel
V _B	= volume HCl untuk titrasi blanko
N	= normalitas HCl
14,007	= berat atom nitrogen
2	= faktor pengenceran
W	= berat sampel

Analisis mikrobiologi

Analisis mikrobiologi untuk angka lempeng total (TPC), *Escherichia coli* dan *Salmonella* dilakukan di Laboratorium Bioteknologi BRIN Serpong. TPC dianalisis menggunakan metode BSN (2015), bakteri *Escherichia coli* BSN (2012), dan *Salmonella* BSN (2015). Sampel yang dianalisis adalah daging rajungan rebus yang dikupas di *miniplants* dengan tiga kali ulangan. Analisis metode TPC dilakukan menggunakan metode *spread plate* yaitu metode yang dilakukan penambahan 1 mL pengenceran sampel pada media *nutrient agar* (NA) yang telah disterilisasi. Setelah penambahan sampel, kemudian media dilakukan proses *spread* yaitu dengan cara cawan petri diputar membentuk huruf delapan. Kemudian cawan petri diputar didekat api pada bunsen dan kemudian ditutup dengan menggunakan plastik *wrap*. Kemudian, media diinkubasi selama 24-48 jam dalam suhu 37°C. Koloni yang tumbuh pada media NA kemudian dihitung menggunakan *colony counter*.

Identifikasi bakteri *Escherichia coli* dilakukan dengan cara mengambil suspensi 10⁻¹ menggunakan jarum ose kemudian diinokulasikan ke media *eosin methylen blue* (EMB) dengan metode gores. Lalu media diinkubasi selama 24 jam pada suhu 35°C. Hasil dinyatakan positif apabila terdapat koloni berwarna hijau metalik. Sedangkan isolasi *Salmonella* dilakukan dengan cara 25 g sampel dihaluskan lalu dicampurkan ke media *lactose*



broth (LB) sebanyak 225 mL. Kemudian media dihomogenkan dan diinkubasi selama 24 jam dengan suhu 37°C. Sampel dinyatakan positif apabila terdapat gelembung di permukaan media. Setelah diinkubasi, sampel diambil dengan menggunakan jarum ose dan dimasukkan ke media *Salmonella Shigella Agar* (SSA) dan lanjut diinkubasi selama 24 jam dalam suhu 37°C. Hasil dinyatakan positif apabila terdapat koloni berwarna hitam pada media.

Logam berat

Analisis konsentrasi logam berat misalnya Pb, Cd, Hg, Cu, Zn, dan Cr dilakukan di Laboratorium Terpadu IPB menggunakan instrumen *atomic absorption spectrophotometry* (AAS) *agilent* untuk *flame*, hidrid AAS thermo iCE 3000 SERIES *flame* dan *grafit furnace* dengan metode SNI-01-2354.5:2011 dan SNI 2354.6:2016. Sampel yang dianalisis adalah daging rajungan rebus yang dikupas di *Miniplants* dengan dua kali ulangan. Prinsip pengujian kadar logam berat Pb dan Cd pada produk perikanan yaitu unsur logam Pb dan Cd dilepaskan dari jaringan daging melalui tahap destruksi menggunakan hidrogen peroksida dan asam nitrat dengan bantuan pemanas listrik (*microwave*). Hasil destruksi kemudian dilarutkan menggunakan air deionisasi. Larutan yang dihasilkan kemudian diatomisasi menggunakan *grafit furnace*. Kabut uap Pb dan Cd didorong oleh gas mulia argon menuju sel serapan pada AAS. Atom-atom unsur Pb dan Cd berinteraksi dengan sinar dari lampu EDL Pb dan Cd. Interaksi tersebut berupa serapan sinar yang besarnya dapat dilihat pada tampilan monitor AAS. Jumlah serapan sinar sebanding dengan konsentrasi unsur logam Pb dan Cd yang ada dalam sampel.

Prinsip pengujian Hg yaitu unsur Hg dilepaskan dari matriks contoh melalui tahap destruksi refluks menggunakan asam sulfat (H_2SO_4) pekat dan nitrat (HNO_3) pekat dengan bantuan pemanas listrik atau destruksi *microwave* menggunakan HNO_3 untuk mendapatkan unsur merkuri bermuatan positif (Hg^+ atau Hg^{++}). Penetapan jumlah Hg dilakukan dengan spektrofotometer serapan atom tanpa nyala (*flameless SSA*). Unsur

Hg positif ini selanjutnya direduksi dengan natrium borohidrida menjadi Hg netral dalam bentuk kabut uap Hg. Kabut uap Hg didorong oleh gas mulia argon menuju sel penyerapan pada SSA, dan berinteraksi dengan sinar yang berasal dari lampu katoda merkuri *hallow cathode lamp* (HDL) atau *electric discharge lamp* (EDL). Interaksi tersebut berupa serapan sinar yang besarnya dapat dilihat pada layar monitor AAS. Jumlah serapan sinar sebanding dengan kadar Hg yang ada dalam sampel.

Analisis Data

Data-data yang diperoleh dari pengujian di laboratorium, dideskripsikan dan dibahas dengan mengacu pada standar yang telah ditetapkan untuk mutu, baik rajungan maupun daging rajungan kupas.

HASIL DAN PEMBAHASAN Rendemen Daging Rajungan Rebus Kupas

Rajungan hasil tangkapan nelayan yang telah direbus di kapal, rata-rata memiliki bobot sekitar 150,64-223,30 g/ekor. Menurut Suharto *et al.* (2016) rendemen rajungan segar setelah direbus sebesar 32,2%. Rajungan rebus sebanyak 20 ekor diambil untuk dihitung rendemen dagingnya. Rendemen yang diperoleh berkisar antara 28,36-42,34%. Rendemen daging kupas ini lebih tinggi dibandingkan hasil penelitian Suharto *et al.* (2016) yaitu rata-rata rendemen pengupasan 37,6% yang terdiri atas daging jumbo 21,5%, daging regular 51,9%, dan *claw meat* 29,4%, namun nilainya tergantung dari kesegaran bahan baku. Perbedaan ini dapat disebabkan adanya perbedaan bobot rajungan per ekornya. Bobot per ekor yang digunakan berkisar antara 58,25-116 g, sedangkan Suharto *et al.* (2016) bobot rajungan yang digunakan rata-rata 101,8 g.

Tinggi rendahnya rendemen daging kupas ditentukan dari keahlian tenaga pengupas dalam mengupas cangkang dan proses pemasakan yang benar (Jumiati & Zainuddin, 2019). Rendemen daging rajungan juga tergantung dari ukuran, berat, dan jenisnya serta pertumbuhan. Pertumbuhan rajungan dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu jenis, umur, musim, dan jenis makanan

yang tersedia di perairan (Jacob *et al.*, 2012). Data rendemen dapat digunakan untuk menghitung perbedaan harga rajungan segar dengan daging kupas matang (baik hasil perebusan atau pengukusan). Jika diketahui besarnya rendemen akibat perebusan atau pengukusan, maka konversi harga rajungan segar ke daging kupas matang dapat ditentukan dan hal tersebut sangat bermanfaat bagi pelaku bisnis rajungan dengan nilai komparatif daging rajungan kecil, besar, dan rajungan bertelur dengan nilai tertinggi adalah rajungan besar (Suharto *et al.*, 2016). Hal ini sejalan dengan Permen KKP No. 17 Tahun 2021 tentang larangan penangkapan dan/atau pengeluaran lobster (*Panulirus* spp.), kepiting (*Scylla* spp.), dan rajungan (*Portunus* spp.) dari wilayah Negara Republik Indonesia. Rajungan yang dilarang untuk ditangkap adalah dalam kondisi bertelur dan ukuran lebar karapas di bawah 10 cm atau berat di bawah 60 g per ekor.

Kadar Protein dan Profil Asam Amino Daging Rajungan Rebus Kupas

Kadar protein daging rajungan rebus yang dikupas oleh pengupas rumah tangga nelayan dan *miniplants* yaitu $17,98 \pm 0,64$ dan $21,24 \pm 1,47\%$ (bb). Perbedaan kadar protein untuk daging rajungan rebus yang dikupas oleh pengupas rumah tangga nelayan dan di *miniplants* dapat disebabkan perbedaan suhu ruangan pengolahan (pengupasan daging) dan penanganan saat pengupasan. Pengupasan daging rajungan di *miniplants*, ditambahkan es curah yang cukup untuk menjaga kualitas daging tetap baik. Suhu ruang benar-benar dijaga agar tidak lebih dari 21°C di ruang pengolahan *miniplants*. Sedangkan di tempat pengupas rumah tangga nelayan, pengerjaan pengupasan dilakukan di teras rumah ketua kelompok pengupas tanpa adanya pengaturan suhu ruang. Suhu yang rendah menyebabkan energi vibrasi dan rotasi yang tinggi meningkatkan peluang protein untuk bertabrakan dan menyatu menjadi agregat sehingga kadar protein lebih tinggi (Silva *et al.*, 2018). Sedangkan suhu yang lebih tinggi saat pengupasan daging rajungan menyebabkan

protein mengalami lebih banyak denaturasi (Supriatna *et al.*, 2020).

Herbowo *et al.* (2016) melaporkan kadar protein daging rajungan yaitu 17,77%. Penelitian Suwandi *et al.* (2019) 19,96% (waktu penyimpanan 0 jam); Hartulistiyo & Akmal (2020) 19,79% (waktu penyimpanan 6 jam); Pathak *et al.* (2021) 16,85% (rajungan jantan); dan Yaswi & Blossom (2021) 16,17% (rajungan betina); 13,64% (*soft-shell*); dan 9,34% (*hard-shell*). Perbedaan kadar protein daging rajungan yang diperoleh disebabkan adanya perbedaan suhu ruang penanganan saat pengupasan, waktu penyimpanan, jenis cangkang rajungan (*soft-shell* dan *hard-shell*), perbedaan suhu penyimpanan, dan jenis kelamin rajungannya yaitu jantan atau betina. He *et al.* (2017), Jiang *et al.* (2020), dan Wu *et al.* (2020) menyatakan bahwa komposisi biokimia daging rajungan dapat disebabkan oleh pengaruh habitat (budidaya dan liar), sumber makanan, perubahan musim dan iklim, perbedaan biologis (spesies, ukuran, umur, jenis kelamin, tahap kematangan, gametogenesis, dan siklus pemijahan), dan faktor lingkungan (suhu, salinitas, dan faktor kontaminan).

Perlakuan perebusan yang dilakukan oleh nelayan selama di kapal (untuk nelayan yang menangkap rajungan lebih satu hari) bertujuan untuk menjaga kualitas daging rajungan setelah sampai di darat dan dijual ke pengepul. Perebusan dilakukan selama kurang lebih 15-20 menit. Perebusan mengakibatkan keluarnya air bebas dari jaringan daging rajungan yang menyebabkan terjadinya koagulasi, sehingga tekstur daging rajungan memadat dan protein mengalami denaturasi. Struktur daging rajungan membentuk struktur yang lebih sederhana dan jumlah proteinnya dalam bahan pangan menjadi menurun (Jacob *et al.*, 2012).

Profil asam amino daging rajungan rebus kupas yang dikupas oleh pengupas rumah tangga nelayan dan *miniplants* dapat dilihat pada *Table 1*. Hasil analisis profil asam amino menunjukkan adanya sembilan asam amino esensial yang terdapat dalam daging rajungan rebus kupas, yakni leusina, L-leusina, lisina, metionina, fenilalanina,



Table 1 Amino acids profile of peeled boiled crab meat
Tabel 1 Profil asam amino daging rajungan rebus kupas

No	Amino acids profile	Value (% w/w)	
		Small scale peelers	Miniplants
1	Aspartic acid	2.93	3.13
2	Threonine	0.82	0.74
3	Serine	0.77	0.73
4	Glutamate acids	4.78	4.05
5	Proline	0.68	0.47
6	Glycine	1.45	1.02
7	Alanine	1.25	1.07
8	Cysteine	0.20	0.16
9	Valine	0.97	0.87
10	Methionine	0.52	0.48
11	L-Leucine	0.94	0.80
12	Leucine	1.75	1.76
13	Tyrosine	0.69	0.61
14	Phenylalanine	0.80	0.76
15	Histidine	0.44	0.39
16	Lysine	1.87	1.79
17	Arginine	1.24	1.47
18	Tryptophane		
	Total	22.10	20.30

tirosina, treonina, valina, dan arginina serta delapan asam amino non-esensial, yaitu asam aspartat, serina, glutamat, glisina, alanina, prolina, sisteina, dan histidina. Jumlah asam amino esensial dan non-esensial tertinggi dalam daging rajungan rebus baik yang dikupas oleh pengupas rumah tangga nelayan dan *miniplants* adalah lisina dan glutamat yaitu masing-masing 1,87%; 1,79%; 4,78%; dan 4,05% (b/b). Perbedaan jumlah total asam amino pada kedua sampel, cenderung profil asam amino pada daging kupas yang dikupas oleh rumah tangga nelayan lebih tinggi dibandingkan yang dikupas di *miniplants*, diduga karena faktor penyimpanan (lama saat disimpan di ruang pendingin). Menurut Jacoeb *et al.* (2012) perlakuan pengolahan yang menggunakan panas dan proses penyimpanan dapat mempengaruhi kandungan asam amino yang ada pada suatu bahan. Li *et al.* (2023) menyatakan bahwa seiring dengan

bertambahnya waktu pendinginan, intensitas fluoresensi protein meningkat secara bertahap, yang mengindikasikan pemaparan residu asam amino hidrofobik dan terbukanya struktur protein miofibrilar. Protein miofibrilar dapat terdegradasi di bawah tekanan suhu rendah, yang menyebabkan lebih banyak fragmen protein molekul kecil dan mengekspos lebih banyak gugus hidrofobik.

Wu *et al.* (2010) melaporkan daging rajungan memiliki 16 jenis asam amino yang terdiri atas 8 asam amino esensial dan 8 asam amino non-esensial. Komposisi asam amino esensial tertinggi pada daging rajungan adalah lisin 1,29% dan asam amino non-esensial tertinggi adalah asam glutamat yaitu 2,02%. Yuan *et al.* (2020) menyatakan bahwa asam glutamat dan asam aspartat merupakan jenis asam amino yang berperan pada karakteristik rasa umami pada daging rajungan dan lisina berpengaruh terhadap rasa manis dan pahit.

Asam amino adalah komponen utama penyusun protein. Protein terbagi menjadi dua yaitu asam amino esensial dan asam amino nonesensial. Pembagian tersebut berdasarkan kemampuan sintesisnya di dalam tubuh. Asam amino esensial tidak dapat diproduksi dalam tubuh sehingga harus ditambahkan dalam bentuk makanan, sedangkan asam amino nonesensial dapat diproduksi dalam tubuh (Lopez & Mohiuddin, 2024). Menurut Wu *et al.* (2010), makin tinggi kadar asam amino esensial dalam suatu bahan pangan, maka makin baik mutu protein bahan pangan tersebut. Asam amino bebas memberikan cita rasa berbeda karena perbedaan struktur. Berdasarkan ciri asam aminonya, jenis rasa yang disebabkan oleh asam amino dapat dibedakan menjadi tiga yaitu rasa umami, manis, dan pahit (Wang *et al.*, 2019).

Profil Tekstur Daging Rajungan Rebus Kupas

Profil tekstur adalah salah satu kriteria utama yang digunakan konsumen untuk menilai kualitas dan kesegaran makanan. Profil analisis tekstur daging rajungan rebus yang dikupas oleh pengupas rumah tangga nelayan meliputi *hardness* (kekerasan) $22,145 \pm 0,990$ N, *springiness* (elastisitas) $0,550 \pm 0,192$ mm, *chewiness* (kekenyalan) $5,990 \pm 4,607$ Nm (J), dan *cohesiveness* (kekompakan atau konsistensi) $0,476 \pm 0,145$. Sedangkan tekstur daging rajungan rebus yang dikupas *miniplants* yaitu *hardness* $38,096 \pm 5,389$ N, *springiness* $0,818 \pm 0,129$ mm, *chewiness* $9,305 \pm 2,867$ Nm, dan *cohesiveness* $0,638 \pm 0,071$. Pengupasan di *miniplants* dilakukan di ruang pengolahan khusus dan menggunakan sistem rantai dingin (*cold chain system*). Daging hasil kupasan disimpan dalam wadah plastik kemudian disimpan dalam tempat penyimpanan bersuhu 4°C sebelum diambil oleh UPI pengeksport, sekitar 3 jam setelah proses pengupasan selesai. Sedangkan di pengupas skala rumah tangga nelayan, pengupasan dilakukan di halaman depan rumah kelompok. Proses dilakukan dengan sistem rantai dingin, namun tidak sebaik di *miniplants*. Daging hasil kupasan disimpan dalam wadah plastik lalu disimpan

di lemari pendingin bersuhu 4°C di rumah ketua kelompok selama semalam sebelum dikirimkan ke *miniplants* atau pembeli lain. Penyimpanan lebih lama pada suhu rendah ini menyebabkan energi vibrasi dan rotasi yang tinggi sehingga meningkatkan peluang protein untuk bertabrakan dan menyatu menjadi agregat (Silva *et al.*, 2018) sehingga mutu fisik daging rajungan yang dikupas di tempat pengupasan rumah tangga nelayan menjadi lebih baik dibandingkan yang dikupas di *miniplants*.

Hardness (kekerasan) daging rajungan rebus yang dikupas oleh pengupas rumah tangga nelayan dan *miniplants* memiliki nilai $22,145 \pm 0,990$ N dan $38,096 \pm 5,389$ N. Nilai *hardness* daging rajungan kupas rebus ini lebih tinggi dibandingkan hasil penelitian Ren *et al.* (2024) yaitu 11,66 N yang menggunakan *gazami crab* atau *asian blue crab* atau *horse crab* (*Portunus trituberculatus*) sebagai komoditas penelitian. *Gazami crab* disimpan pada suhu dingin dengan perlakuan variasi waktu penyimpanan yaitu 0-7 hari. Menurut Purwaningsih *et al.* (2005) batas waktu penyimpanan daging rajungan berdasarkan analisis regresi dengan menggunakan standar minimal nilai rata-rata organoleptik 6,5 untuk tekstur adalah berkisar antara 5-7 jam.

Hardness adalah kekuatan struktur gel di bawah kompresi dan merupakan kekuatan puncak selama siklus kompresi pertama. Arti sensorik dari kekerasan adalah kekuatan maksimum yang dibutuhkan untuk menekan makanan di antara gigi molar (Muyonga *et al.* 2004). Ren *et al.* (2024) telah melakukan penelitian mengenai perubahan kualitas *gazami crab* (*Portunus trituberculatus*) selama penyimpanan suhu dingin dan ditemukan bahwa nilai *hardness* menurun seiring dengan lama waktu penyimpanan suhu dingin. Protein yang telah diklasifikasikan sebagai komponen penting dalam sifat tekstur otot dan berkorelasi secara signifikan dengan sifat kualitas. Protein berperan penting dalam menjaga dan mengatur integritas sitoskeleton otot. Jika daging rajungan kupas disimpan lebih lama meskipun pada suhu dingin, maka protein secara signifikan akan mengalami penurunan secara teratur dengan



perpanjangan lama waktu pendinginan. Hal tersebut mengindikasikan bahwa stres dingin menyebabkan degradasi protein yang berhubungan dengan sitoskeleton dan terkait erat dengan pelunakan otot sehingga dapat digunakan sebagai biomarker perubahan kualitas otot.

Tingkat *hardness* daging rajungan dipengaruhi juga oleh lingkungan. Faktor lingkungan secara komprehensif memengaruhi metabolisme fisiologis dan tingkat pertumbuhan otot rajungan. Zhang *et al.* (2021) menyatakan kompetisi intraspesies menyebabkan terganggunya asupan nutrisi dan mobilitas serta memengaruhi besarnya ukuran rajungan melalui perubahan metabolisme fisiologis otot. Terkait pemenuhan kepentingan produksi untuk pemanfaatan daging rajungan, maka harus diperhatikan hubungan antara ukuran tubuh rajungan, atribut intrinsik otot, dan tekstur daging rajungan.

Springiness (elastisitas) daging rajungan rebus yang dikupas oleh pengupas rumah tangga nelayan dan *miniplants* memiliki nilai $0,550 \pm 0,192$ mm dan $0,818 \pm 0,129$ mm. Nilai *springiness* yang dihasilkan dari penelitian ini tidak berbeda jauh dengan hasil penelitian Ren *et al.* (2024) yaitu 0,61 mm. Penyimpanan daging rajungan kupas pada suhu dingin jika dalam waktu yang lama dapat menyebabkan degradasi protein yang berhubungan dengan sitoskeleton yang terkait pelunakan otot. Daging rajungan rebus dapat kehilangan sifat kelenturan dan keliatannya akibat perubahan struktur jaringannya, sehingga daging menjadi sangat lunak atau bahkan hancur (Hadiwiyoto, 2009).

Springiness (elastisitas) merupakan parameter tekstur yang berhubungan dengan elastisitas sampel. Elastisitas berkaitan dengan lamanya waktu yang diperlukan untuk mengunyah makanan selama waktu tertentu dari akhir gigitan pertama sampai awalnya gigitan kedua. Elastisitas yang tinggi, memerlukan energi mengunyah yang lebih banyak dalam mulut (Rahman & Abdullah, 2009).

Chewiness (kekenyalan) daging rajungan rebus yang dikupas oleh pengupas rumah tangga nelayan dan *miniplants*

memiliki nilai $5,990 \pm 4,607$ J dan $9,305 \pm 2,867$ J. Nilai *chewiness* yang dihasilkan dari penelitian ini berbeda jauh dengan hasil penelitian Ren *et al.* (2024) yaitu 2,58 mJ. Perbedaan nilai *chewiness* ini dapat disebabkan perbedaan waktu penyimpanan. Daging rajungan yang dikupas di *miniplants* atau kelompok nelayan disimpan dalam waktu yang tidak lama, maksimal hanya satu hari. Sedangkan pada penelitian Ren *et al.* (2024) daging *gazami crab* (*Portunus trituberculatus*) disimpan dengan variasi waktu 0-7 hari. Nilai *chewiness* dapat dipengaruhi oleh terjadinya degradasi tekstur daging rajungan yang disimpan. Enzim proteolitik (seperti *calpains*, *cathepsin*, dan kolagenase) menjadi aktif dan menyebabkan kerapuhan miofibril dan celah jaringan ikat selama penyimpanan (Ye *et al.*, 2020). Kerusakan struktur jaringan daging menyebabkan daging kehilangan sifat kekenyalannya sehingga menjadi sangat lunak atau bahkan hancur (Hadiwiyoto, 2009). Selain saat pengolahan, *chewiness* juga dipengaruhi oleh beberapa faktor saat rajungan ditangkap di laut seperti kepadatan populasi rajungan yang tinggi saat ditangkap dan kecepatan pergerakan air laut yang lebih rendah (Li *et al.*, 2016; Wu *et al.*, 2018).

Chewiness didefinisikan sebagai hasil kali kekerasan, kekompakan, dan elastisitas. *Chewiness* merupakan parameter tekstur yang paling sulit diukur secara tepat. Dikarenakan pengunyahan melibatkan pengepresan, pemotongan, penusukan, penggilingan, perobekan, dan pemotongan serta pelumasan yang cukup oleh air liur pada suhu tubuh sehingga dapat ditelan (Gong *et al.*, 2020). Menurut Zhang *et al.* (2021) *chewiness* (kekenyalan) merupakan atribut tekstur penting untuk menentukan kelembutan daging. Kekenyalan adalah sensasi rasa di mulut saat mengunyah karena adanya resistensi elastis yang berkelanjutan dari suatu bahan makanan. Berdasarkan sudut pandang konsumen, karakteristik ini telah banyak digunakan untuk evaluasi kualitas daging.

Cohesiveness (kekompakan atau konsistensi) daging rajungan rebus yang dikupas oleh pengupas rumah tangga nelayan dan *miniplants* memiliki nilai $0,476 \pm 0,145$ dan $0,638 \pm 0,071$. Nilai

cohesiveness yang dihasilkan dari penelitian ini lebih tinggi dari hasil penelitian Ren *et al.* (2024) yaitu 0,36. Perbedaan nilai *cohesiveness* ini dapat diakibatkan perbedaan suhu dan waktu saat penanganan rajungan sehingga terjadi perubahan pada daging rajungan rebus secara biokimia yang memengaruhi struktur jaringan daging (Hadiwiyoto, 2009). Sedangkan di laut, menurut Kamaszewski *et al.* (2020), *cohesiveness* daging rajungan dapat diakibatkan perbedaan nutrisi yang diperoleh rajungan di perairan hidupnya, sehingga akan memengaruhi metabolisme fisiologis dan pertumbuhan sel otot, yang menyebabkan perbedaan kekompakan atau konsistensi otot.

Cohesiveness (kekompakan atau konsistensi) menunjukkan kekuatan ikatan internal yang membentuk tubuh makanan dan sejauh mana makanan dapat berubah bentuk sebelum pecah (patah). Kekompakan didefinisikan sebagai rasio area gaya positif selama kompresi kedua dengan kompresi pertama. Hal ini dapat diukur sebagai tingkat dimana bahan hancur di bawah aksi mekanis. Kekuatan tarik adalah manifestasi dari kekompakan. Kekompakan menunjukkan kemampuan produk untuk menyatu (Radocaj *et al.*, 2011).

Secara keseluruhan profil analisis tekstur daging rajungan rebus penelitian ini menunjukkan bahwa daging rajungan yang dikupas di *miniplants* memiliki nilai lebih tinggi dibandingkan dengan yang dikupas oleh pengupas rumah tangga nelayan. Hal ini disebabkan pada saat proses pengupasan di *Miniplants* telah menerapkan sistem rantai dingin yang lebih baik. Setelah rajungan rebus dikupas, daging kupasan dikemas untuk tiap-tiap jenis bagiannya (*jumbo, clawmeat, spesial, backfin, lump* atau *flower, cock tail*) dan segera dikirimkan ke perusahaan eksportir. Arechavala-Lopez *et al.* (2013) menyatakan bahwa perbedaan profil tekstur daging rajungan berhubungan dengan kandungan protein dan suhu perairan dengan kisaran kesesuaian tertentu.

Kadar TVB-N

Peningkatan kadar TVB-N pada rajungan atau dagingnya dapat dijadikan sebagai indeks biokimia adanya kemunduran

mutu pada rajungan atau daging tersebut. Kadar TVB-N rajungan segar yaitu $54,68 \pm 0,00$ mg N/100 g sampel, rajungan rebus $24,46 \pm 0,00$, daging kupas unit rumah tangga $9,51 \pm 1,67$ mg N/100 g sampel, dan daging rajungan rebus kupas *miniplants* $13,16 \pm 0,73$ mg N/100 g. Perbedaan nilai TVB-N sampel tersebut diduga dipengaruhi oleh proses penanganan sampel (*thawing*) saat mengalami antrian untuk dianalisis di laboratorium sehingga memengaruhi kesegaran sampel. Nilai kesegaran daging kupas rumah tangga sejalan dengan hasil penelitian Ren *et al.* (2024) yaitu $9,65$ mg N/100 g sampel. Yang *et al.* (2024) menghasilkan nilai TVB-N $17,16 \pm 1,79$ mg/100 g daging rajungan yang mengalami proses *thawing* selama lima kali. Selama proses *thawing* terjadi degradasi parsial protein pada daging rajungan dan adanya pertumbuhan mikroba sebagai alasan utama peningkatan kandungan nitrogen.

Standar Nasional Indonesia (SNI 2354.8: 2009) tentang standar cara uji kimia - bagian 8: penentuan kadar total volatil base nitrogen (TVB-N) dan trimetil amin nitrogen (TMA-N) pada produk perikanan menetapkan standar nilai TVB-N yang dinyatakan segar layak konsumsi adalah 20-30 mg N/100 g sampel. Tingginya nilai TVB-N rajungan segar (> 30 mg N/100 g sampel) diduga karena pengaruh proses penanganan rajungan dari nelayan sampai ke pengepul dan saat rajungan dibawa ke laboratorium sampai dilakukan pengujian. Rajungan merupakan hewan akuatik yang sangat mudah rusak dan kualitasnya sangat dipengaruhi oleh jenis spesies, habitat lingkungan, kebiasaan makan, dan aksi enzim autolisis serta enzim hidrolitik mikroorganisme pada otot rajungan. Konstituen utama TVB-N adalah trimetilamina, dimetilamina dan amonia dimana jumlahnya meningkat dengan waktu penyimpanan dalam keadaan tidak beku. Trimetilamina berasal dari dekomposisi bakteri sehingga keberadaannya pada hewan akuatik diambil sebagai indikasi untuk pertumbuhan bakteri dan amonia berasal dari dekomposisi asam amino, sehingga mengurangi kualitas protein yang tersedia (Jinadas, 2014).



Cemaran Mikrobiologi Daging Rajungan Rebus Kupas

Uji cemaran mikrobiologi meliputi kadar *Salmonella* per 25 g sampel, *Escherichia coli*, dan angka lempeng total (ALT) pada daging rajungan rebus yang dikupas di *miniplants*. Sampel daging rajungan kupas skala rumah tangga tidak diuji karena sampel yang tidak memungkinkan untuk dianalisis ke lab karena mutunya yang kurang baik. Hasil pengujian dapat dilihat pada *Table 2*.

Hasil uji cemaran mikrobiologi penelitian ini menunjukkan daging rajungan rebus yang dikupas di *miniplants* belum memenuhi persyaratan mutu dan keamanan pada parameter uji angka lempeng total (ALT). Hal ini dapat disebabkan oleh penanganan dari hasil tangkapan saat di kapal maupun di *miniplants* yang berisiko tinggi terkontaminasi bakteri karena proses penanganan dan pengolahannya yang kurang baik. Kontaminasi di kapal dapat terjadi pada air yang digunakan untuk merebus rajungan hasil tangkapan. Kontaminasi di *miniplants* dapat terjadi pada proses *receiving*, saat karyawan tidak menggunakan sarung tangan, masker, dan seragam (termasuk penutup kepala) dengan baik sesuai dengan SOP yang telah ditetapkan. Tangan merupakan sumber kontaminasi dari banyak mikroba, sehingga daging rajungan berisiko tinggi. Tangan yang tidak steril dan bersih dapat menjadi perantara penyebaran mikroba (Wulansari & Parut, 2019). Kontaminasi dapat terjadi pada proses pengupasan karena proses tersebut dapat berlangsung lebih dari 2 jam (Jumiati & Zainudin, 2019).

Daging rajungan merupakan produk perikanan berjenis basah sehingga

bakteri menjadi mudah untuk berkembang biak karena ketersediaan air (Setiyono & Sulistyarin, 2019). Menurut Kaban *et al.* (2019) kadar air yang tinggi dapat memengaruhi daya simpan produk. Tingginya nilai ALT pada produk perikanan dapat disebabkan oleh adanya bakteri patogen selain *Escherichia coli* dan *Salmonella* spp. seperti *Vibrio parahaemolyticus*, *Aeromonas* spp., *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Clostridium botulinum*, *C. perfringens*, dan *Shigella* spp.

Cemaran Logam Berat Daging Rajungan Rebus Kupas

Hasil pengujian cemaran logam berat daging rajungan rebus yang dikupas di *miniplants* meliputi kadar Pb, Cd, Cu, Zn, dan Cr dapat dilihat pada *Table 3*. Hasil pengujian kadar cemaran logam penelitian ini sudah memenuhi persyaratan mutu dan keamanan daging rajungan rebus dingin (SNI 4224: 2015), standar dalam SNI 7387:2009 tentang batasan maksimum cemaran logam berat dalam pangan (0,5-1 mg/kg sampel), Peraturan Kepala Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia Nomor HK.00.06.1.52.4011 tentang penetapan batas maksimum cemaran mikroba dan kimia dalam makanan (0,5 mg/kg sampel), dan *European Regulation* 466/2001/EC (0,5-1 mg/kg sampel basah).

Logam diklasifikasikan sebagai unsur esensial (misalnya Zn, Cu dan Cr) dan unsur non-esensial (misalnya Cd, dan Pb). Organisme mengandung unsur esensial dalam keadaan alamiahnya. Jika konsentrasinya menjadi lebih tinggi maka unsur esensial dapat menjadi racun dan bahkan berbahaya

Table 2 The microbiological contamination of peeled boiled crab meat in miniplants

Tabel 2 Cemaran mikrobiologi daging rajungan rebus yang dikupas di *miniplants*

Microbiological contamination	Testing result	Allowable limitation	Description
<i>Salmonella</i> per 25 g sample	negative	Not founded (negative)	SNI 4224: 2015
<i>Escherichia coli</i>	< 0.3 APM/100 g sample	< 1.8 APM/100 g sample	SNI 4224: 2015
Total plate count (TPC)	6.15×10 ⁸ CFU/g sample	max 1.00×10 ⁶ CFU/g sample	SNI 6929: 2016

Table 3 The heavy metal content of peeled boiled crab meat in miniplants
Tabel 3 Kadar logam berat daging rajungan rebus yang dikupas di *miniplants*

Parameters	The heavy metal content (mg/kg sample)	Allowable limitation (mg/kg sample)	Description
Pb	0.12±0.09	max 30.0	SNI 4224: 2015
Cd	0.15±0.12	max 0.5	SNI 4224: 2015
Cu	24.85±2.91	-	-
Zn	26.44±4.94	-	-
Cr	< 0.5	-	-

bagi organisme dan manusia. Sementara itu, elemen non-esensial berbahaya meskipun pada konsentrasi rendah (Rajaram *et al.*, 2020). Logam esensial dibutuhkan oleh organisme untuk fungsi enzimatik dan memainkan peran penting dalam berbagai proses metabolisme (Jomova *et al.*, 2022).

Konsumsi Cu berlebih dapat menyebabkan alergi kulit, penyakit hati, dan gangguan neurologis (Rahman *et al.*, 2012). Konsumsi Zn yang berlebihan dapat menyebabkan ketidakseimbangan elektrolit, reaksi keracunan seperti mual, muntah, ketidaknyamanan perut dan kram, diare parah, dan anemia, serta menghambat penyerapan tembaga dari usus (Schoofs *et al.*, 2024). Paparan Cr dalam jangka panjang dapat menyebabkan reaksi alergi, pneumonia, kanker paru-paru, penyakit pencernaan, jantung, hati, dan ginjal, serta gangguan neurologis (Shin *et al.*, 2023). Bernhoft (2012) melaporkan Cd menyebabkan efek buruk pada sistem saraf pusat, menyebabkan kerusakan sel, peradangan, dan gagal ginjal (Rinaldi *et al.*, 2017). Pada manusia, Pb telah dikaitkan dengan gangguan sistem kekebalan tubuh dan sistem saraf, serta gangguan ginjal dan hati (Raknuzzaman *et al.*, 2016; Park *et al.*, 2017).

Akumulasi logam berat dalam tubuh organisme dapat melalui tiga cara, yaitu rantai makanan, insang, dan difusi melalui permukaan kulit. Hal ini terjadi karena kecenderungan logam berat untuk membentuk senyawa kompleks dengan zat-zat organik dalam tubuh, sehingga logam berat terfiksasi dan tidak segera diekskresikan oleh organisme yang bersangkutan. Terjadinya proses

akumulasi logam berat dalam tubuh hewan akuatik terjadi akibat kecepatan pengambilan (*uptake rate*) lebih cepat dibandingkan dengan proses ekskresi, sehingga logam tersebut tidak ikut terekskresi dan tersimpan organ dan jaringan. Variasi akumulasi logam berat pada organ dan jaringan bergantung pada cara pemaparannya, seperti melalui makanan atau tingginya kadar logam di lingkungan sekitarnya yang dapat menjadi indikator tingkat pencemaran lingkungan (Briffa *et al.*, 2020; Hariyoto, 2015; Witkowska *et al.*, 2021).

KESIMPULAN

Mutu fisik daging rajungan menunjukkan daging rajungan yang dikupas di *miniplants* lebih baik dibandingkan dengan daging yang dikupas oleh pengupas rumah tangga nelayan. Mutu kimia berdasarkan parameter kesegaran (TVB-N) menunjukkan kesegaran rajungan segar tidak memenuhi Standar Nasional Indonesia SNI 2354.8: 2009. Mutu mikrobiologi dari daging rajungan baik yaitu dengan tidak ditemukannya *Salmonella* (negatif), *Escherichia coli* < 0,3 APM/100 g sampel, dan ALT 6,15X10⁸ CFU/g sampel. Kadar logam berat Hg daging rajungan rebus yang dikupas di *miniplants* berada di atas ambang batas yang diijinkan, namun hasil ini masih memerlukan pengujian lanjut untuk sampel air dari Perairan Rembang sebagai lokasi penangkapan dan rajungan dari penangkapan, perebusan sampai ke pengupasan di *miniplants*.

DAFTAR PUSTAKA

Arechavala-Lopez, P., Fernandez-Jover, D., Black, K. D., Ladoukakis, E., Bayle-



- Sempere, J. T., Sanchez-Jerez, S., & Dempster, T. (2013). Differentiating the wild or farmed origin of Mediterranean fish: a review of tools for sea bream and sea bass. *Reviews in Aquaculture*, 5, 137–157.
- Briffa, J., Sinagra, E., & Blundell, R. (2020). Heavy metal pollution in the environment and their toxicological effects on humans. *Heliyon*, 6 (9), e04691, 1-26. ISSN 2405-8440, <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04691>
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. (2010). SNI 6929.2:2010. Daging Rajungan (*Portunus Pelagicus*) Pasteurisasi dalam Kaleng. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. (2015). SNI 4224:2015. Daging Rajungan Rebus Dingin. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Bernhoft, R. A. (2012). Mercury toxicity and treatment: a review of the literature. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 460508, 1-10. <https://doi.org/10.1155/2012/460508>
- Chen, T. L., Wise, S. S., Kraus, S., Shaffiey, F., Levine, K. M., Thompson, W. D., Romano, T., O'Hara, T., & Wise, Sr. J. P. (2009). Particulate hexavalent chromium is cytotoxic and genotoxic to the North Atlantic right whale (*Eubalaena glacialis*) lung and skin fibroblasts. *Environmental and Molecular Mutagenesis*, 50, 387–393. <https://doi.org/10.1002/em.20471>
- Gong, C., Liao, M., Zhang, H., Xu, Y., Miao, Y., & Jiao, S. (2020). Investigation of hot air-assisted radio frequency as a final-stage drying of pre-dried carrot cubes. *Food and Bioprocess Technology*, 13(3): 419–429. <https://doi.org/10.1007/s11947-019-02400-0>
- Hananingtyas, I. (2017). Bahaya kontaminasi logam berat merkuri (Hg) dalam ikan laut dan upaya pencegahan kontaminasi pada manusia. *Al-Ard: Jurnal Teknik Lingkungan*, 2(2), 38-45.
- Hariyoto, F. D. (2021). Akumulasi logam berat timbal (Pb), kadmium (Cd), seng (Zn) dan merkuri (Hg) di perairan beserta dampaknya bagi produk perikanan dan kesehatan manusia. *Buletin Matric*, 18(2), 39-46.
- Hartulistiyoso, E., & Akmal, M. (2020). Energy usage analysis on the production process of canned crab meat (*Portunus pelagicus*). In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 542(1), IOP Publishing. doi:10.1088/1755-1315/542/1/012048.
- He, J., Xuan, F., Shi, H., Xie, J., Wang, W., Wang, G., & Wenjun, Xu. (2017). Comparison of nutritional quality of three edible tissues of the wild-caught and pond-reared swimming crab (*Portunus trituberculatus*) females. *Lebensmittel-Wissenschaft und -Technologie-Food Science and Technology*, 75, 624–630. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.10.014>
- Herbowo, M. S., Riyadi, P. H., & Romadhon, R. (2016). Pengaruh *edible coating* Natrium alginat dalam menghambat kemunduran mutu daging rajungan (*Portunus pelagicus*) selama penyimpanan suhu rendah. *Jurnal Pengolahan dan Bioteknologi Perikanan*, 5(3), 37-44.
- Kaban, D. H., Timbowo, S. M., Pandey, E. V., Mewengkang, H. W., Palenewen, J. C., Mentang, F., & Dotulong, V. (2019). Analisa kadar air, pH, dan kapang pada ikan cakalang (*Katsuwonus pelamis*, l) asap yang dikemas vakum pada penyimpanan suhu dingin. *Media Teknologi Hasil Perikanan*, 7(3), 72–79. <https://doi.org/10.35800/mthp.7.3.2019.23624>
- Kamaszewski, M., Wojcik, M., Krawczynska, A., & Ostaszewska, T. (2020). The influence of diet containing wheat gluten supplemented with dipeptides or amino acids on the morphology of white muscle of yellow perch (*Perca flavescens*). *Animal*, 10(3), 1-9. <https://doi.org/10.3390/ani10030388>
- Li, X., Yuan, J. M., Fu, S. J., & Zhang, Y. G. (2016). The effect of sustained swimming exercise on the growth performance, muscle cellularity and flesh quality of juvenile qingbo (*Spinibarbus sinensis*). *Aquaculture*, 465, 287–295.
- Jacoeb, A. M., Nurjanah, & Lenni, A. Br.

- L. (2012). Efek pengukusan terhadap protein dan asam amino rajungan (*Portunus pelagicus*). *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 15(2), 156-163.
- Jiang, X., Wang, H., Cheng, Y., & Wu, X. (2020). Growth performance, gonad development and nutritional composition of Chinese mitten crab *Eriocheir sinensis* selected for growth and different maturity time. *Aquaculture*, 523, 735194, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735194>
- Jinadas, B. (2014). Determination of quality of marine fishes based on Total Volatile Base Nitrogen test (TVB-N). *Jurnal Nature and Science*, 12(5), 106-111.
- Jomova, K., Makova, M., Alomar, S. Y., Alwasel, S. H., Nepovimova, E., Kuca, K., Rhodes, C. J., & Valko, M. (2022). Essential metals in health and disease. *Chemico-Biological Interactions*, 367, 110173, 1-28. ISSN 0009-2797, <https://doi.org/10.1016/j.cbi.2022.110173>
- Jumiati, & Muhammad, Z. (2019). Analisis *good manufacturing practice* (GMP) dan mutu daging rajungan pada miniplant pengupasan di Kabupaten Tuban. *PENA Akuatika*, 18(1), 19-27.
- Li, J., Dai, Z., Chen, Z., Hao, Y., Wang, S., & Mao, X. (2023). Improved gelling and emulsifying properties of myofibrillar protein from frozen shrimp (*Litopenaeus vannamei*) by high-intensity ultrasound. *Food Hydrocolloids*, 135: Article 108188. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.108188>.
- Lopez, M. J., & Mohiuddin, S. S. (2024). Biochemistry, Essential Amino Acids. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK557845/>. Diakses tanggal 30 Januari 2025.
- Pandelaki, C.D. (2016). Identifikasi bahaya pada proses pengalengan rajungan (*Portunus pelagicus*) dalam penerapan HACCP (*Hazard Analysis Critical Control Point*) di PT. Sumber Mina Bahari Rembang, Jawa Tengah. *Praktek Kerja Lapang*. Program Studi S-1 Budidaya Perairan. Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Airlangga Surabaya.
- Park, Y., Lee, A., Choi, K., Kim, H. J., Lee, J. J., Choi, G., Kim, S., Kim, S. Y., Cho, G.J., Suh, E., Kim, S. K., Eun, S.H., Eom, S., Kim, S., Kim, G. H., Moon, H. B., Kim, S., Choi, S., Kim, Y. D., Kim, J., & Park, J. (2017). Exposure to lead and mercury through breastfeeding during the first month of life: a CHECK cohort study. *Science of the Total Environment*, 612, 876-883. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.079>
- Pathak, N., Shakila, R. J., Jeyasekaran, G., Padmavathy, P., Neethiselvan, N., Shalini, R., Ulaganathan, A., Akalesh, P., Udhaya, K., Asha, H. M., & Mayilvahnan, R. (2021). Variation in the nutritional composition of soft and hard blue swimming crabs (*Portunus pelagicus*) having good export potential. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 30(6), 706-719. <https://doi.org/10.1080/10498850.2021.1936324>
- Primadjati, A., Herry, B., & Pramonowibowo. (2014). Analisis pemetaan sumberdaya rajungan (*Portunus* sp.) yang tertangkap pada alat tangkap bubu di Perairan Kaliori Kabupaten Rembang, Jawa Tengah. *Journal of Fisheries Resources Utilization Management and Technology*, 3(3), 267-274.
- Purwaningsih, R., & Sri, G. P. (2014). Analisa pengaruh penurunan stok Ikan Lemuru terhadap keberlanjutan industri pengolahan Ikan Muncar Banyuwangi dengan model sistem dinamik. *1.25 Seminar Nasional IDEC 2014*, 498-508.
- Radocaj, O. F., Dimic, E. B., & Vujasinovic, V. B. (2011). Optimization of the texture of fat-based spread containing hull-less pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) seed press-cake. *Acta Periodica Technologica*, 42, 131-143.
- Rahman, M. S., & Abdullah, I. A. (2009). Instrumental texture profile analysis of gelatin gel extracted from grouper skin and commercial (bovine and porcine) gelatin gels. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 60, 229-242.
- Rahman, M. S., Molla, A. H., Saha, N., &



- Rahman, A. (2012). Study on heavy metals levels and its risk assessment in some edible fishes from Bangshi River, Savar, Dhaka, Bangladesh. *Food Chemistry*, 134, 1847–1854. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.03.099>
- Rajaram, R., Ganeshkumar, A., & Vinothkannan, A. (2020). Health risk assessment and bioaccumulation of toxic metals in commercially important finfish and shellfish resources collected from Tuticorin coast of Gulf of Mannar, Southeastern India. *Marine Pollution Bulletin*, 159, 111469, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111469>
- Raknuzzaman, M., Ahmed, M. K., Islam, H. S., Habibullah-Al-Mamun, M., Tokumura, M., Sekine, M., & Matsunaga, S. (2016). Trace metal contamination in commercial fish and crustaceans collected from coastal area of Bangladesh and health risk assessment. *Environmental Science and Pollution Research*, 23, 17298–17310. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-6918-4>
- Ren, Y., Jianan, S., & Xiangzhao, M. (2024). Quality changes in Gazami crab (*Portunus trituberculatus*) during refrigeration. *Food Chemistry*, 437, 137942, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.137942>
- Rinaldi, M., Micali, A., Marini, H., Adamo, E. B., Puzzolo, D., Pisani, A., Trichilo, V., Altavilla, D., Squadrito, F., & Minutoli, L. (2017). Cadmium, organ toxicity and therapeutic approaches. A review on brain, kidney and testis damage. *Current Medicinal Chemistry*, 24(35), 879–3893. <https://doi.org/10.2174/0929867324666170801101448>
- Schoofs, H., Joyce Schmit, J., & Rink, L. (2024). Review zinc toxicity: understanding the limits. *Molecules*, 29, 3130, 1-18. <https://doi.org/10.3390/molecules29133130>
- Setiyono, F. F. R. S., & Sulistyorin, L. (2019). Kolerasi kualitas fisik ikan asap dan fasilitas kegiatan higiene dan sanitasi dengan keberadaan bakteri *Escherichia coli* pada ikan asap. *Jurnal kesehatan lingkungan*, 11(4), 276-285.
- Shin, D. Y., Lee, S. M., Jang, Y., Lee, J., Lee, C. M., Cho, M., & Seo, Y. R. (2023). Adverse Human Health Effects of Chromium by Exposure Route: A Comprehensive Review Based on Toxicogenomic Approach. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(4), 3410. <https://doi.org/10.3390/ijms24043410>
- Silva, V. C. J., Balakrishnan, G., Schmitt., Chassenieux, C., & Nicolai, T. (2018). Heat-induced gelation of aqueous micellar casein suspensions as affected by globular protein addition. *Food Hydrocolloids*, 82, 258-267.
- Soegianto, A., Putri, E. N., Risadita, N. R. S., Moch, A., & Carolyn, M. P. (2022). Assessment of the health risks related with metal accumulation in blue swimming crab (*Portunus pelagicus*) caught in East Java coastal waters, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*, 177, 113573, 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.113573>
- Suharto, S., Romadhon, & Sri, R. (2016). Analisis susut bobot pengukusan dan rendemen pengupasan rajungan berukuran berbeda dan rajungan bertelur. *Saintek Perikanan*, 12(1), 47-51.
- Supriatna, D., Reno, F. H., Dahrul, S., & Yogi, K. (2020). Pengaruh masa simpan whey dan suhu penggumpalan terhadap kadar protein dan parameter tekstur pada produk tahu. *Journal of Agro-based Industry*, 37(2), 187-193.
- Suwandi, R., Nurjanah, N., & Maharani. S. (2019). Perbedaan waktu penanganan terhadap bobot, komposisi proksimat, dan asam amino rajungan kukus. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 22(1), 128-135.
- Yang, J., Huang, P., Sun, B., Yang, W., Ou, C., Yuan, C., Huang, T., & Wei, H. (2024). Comparison of freezing and heating treatment sequence on biochemical properties and flavor of swimming crabs (*Portunus trituberculatus*) meat during freeze-thaw cycles. *Food Research International*, 175, 11375, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113758>
- Yaswi, T. S., & Blossom, K. L. (2021). Sensory

- evaluation and proximate composition analysis of pasteurized crab meat and determination of its peroxide and free fatty acid value during storage at 4° Celsius. *The Pharma Journal*, 10(11), 2954-2958.
- Yuan, Y., Wang, X., Jin, M., Jiao, L., Sun, P., Betancor, M. B., & Zhou, Q. (2020). Modification of nutritional values and flavor qualities of muscle of swimming crab (*Portunus trituberculatus*): Application of a dietary lipid nutrition strategy. *Food Chemistry*, 308, 125607, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125607>
- Yusuf, M. (2012). Pengembangan produk lumpia dengan penambahan daging rajungandan analisa kelayakannya. *Jurnal Pangan dan Gizi*, 3(5), 50-56.
- Wang, Y., Li, C., Li, L., Yang, X., Chen, S., Wu, Y., Zhao, Y., Wang, J., Wei, Y., & Yang, D. (2019). Application of UHPLC-Q/TOF-MS-based metabolomics in the evaluation of metabolites and taste quality of Chinese fish sauce (Yu-lu) during fermentation. *Food Chemistry*, 296, 132-141. doi: 10.1016/j.foodchem.2019.05.043
- Witkowska, D., Słowik, J., & Chilicka, K. (2021). Heavy Metals and Human Health: Possible Exposure Pathways and the Competition for Protein Binding Sites. *Molecules*, 26(19), 6060, 1-16. <https://doi.org/10.3390/molecules26196060>
- Wu, F., Wen, H., Tian, J., Jiang, M., Liu, W., Yang, C., Yu, L., & Lu, X. (2018). Effect of stocking density on growth performance, serum biochemical parameters, and muscle texture properties of genetically improved farm tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture International*, 26, 1247-1259.
- Wu, H., Ge, M., Chen, H., Jiang, S., Lin, L., & Lu, J. (2020). Comparison between the nutritional qualities of wild-caught and rice-field male Chinese mitten crabs (*Eriocheir sinensis*). *Lebensmittel-Wissenschaft und -Technologie-Food Science and Technology*, 117, 108663, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108663>
- Wulansari, N. T., & Parut, A. A. (2019). Pengendalian jumlah angka mikroorganisme pada tangan melalui proses hand hygiene. *Jurnal Media Sains*, 3(1), 7-13.
- Wu, X., Zhou, B., Cheng, Y., Zeng, C., Wang, C., & Feng L. (2010). Comparison of gender differences in biochemical composition and nutritional value of various edible parts of the blue swimmer crab. *Journal Food Composition and Analysis*, 23, 154-159.
- Zhang, L., Mingyu, Y., & Xichang, W. (2021). Meat texture, muscle histochemistry and protein composition of *Eriocheir sinensis* with different size traits Long. *Food Chemistry*, 338, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127632>