

PENGUJIAN KADAR KLORAMFENIKOL PADA SAMPEL UDANG BEKU DENGAN METODE LC-MS/MS

Ratika Pratiwi¹, Erna Puspasari²

¹Ratika Pratiwi, rtkpratiwi@gmail.com

²Erna Puspasari, erna.puspasari@unida.ac.id

ABSTRAK

Udang merupakan salah satu komoditas perikanan yang mempunyai nilai ekonomi yang tinggi dalam perdagangan nasional maupun internasional. Peningkatan nilai ekspor udang membuat pembudidaya udang menerapkan sistem budidaya intensif. Budidaya intensif yang diterapkan dapat berakibat pada penurunan kualitas perairan, yang menyebabkan timbulnya penyakit pada udang yang disebabkan oleh bakteri, virus, jamur, maupun parasit (Santi et al., 2017). Banyak pembudidaya mengantisipasi penurunan kualitas tersebut dengan penggunaan kloramfenikol (Juliana dan Yulian, 2020. Penggunaan antibiotik yang tidak tepat dapat menyebabkan sisa – sisa bahan kimia tertinggal dalam daging udang, yang berdampak pada masalah kesehatan bagi para konsumen apabila residu tersebut masuk ke dalam tubuh (Saputra dan Arfi, 2020). Residu ini dapat mengakibatkan anemia, gangguan lambung, usus, radang pada mulut, dan kerusakan sumsum tulang belakang (Alghifari et al., 2017). Pengujian residu kloramfenikol ini dilakukan dengan menggunakan alat instrument UHPLC 40D X3 + TQ MS 8045. Berdasarkan dari hasil pengujian kloramfenikol pada sampel udang beku, didapatkan hasil bahwa dari kedua sampel tidak terdeteksi mengandung residu kloramfenikol. Hasil tidak terdeteksi maksudnya adalah tidak ada respon atau kadar dibawah limit deteksi (LOD). Adapun limit deteksi pada alat LC-MS/MS ini adalah 0,1 mcg/L. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, didapatkan hasil negatif kadar kloramfenikol pada sampel udang beku yang telah diuji. Maka dari itu dapat disimpulkan bahwa sampel udang beku tidak mengandung kadar kloramfenikol dan aman dikonsumsi. Namun, perlu ada analisis lanjutan untuk parameter lain untuk mengetahui secara pasti kondisi sampel udang beku tersebut, sesuai dengan SNI 2705:2020 tentang udang beku.

Kata Kunci: Kloramfenikol, LC-MS/MS, dan Udang beku

ABSTRACT

Shrimp is one of the fishery commodities that has high economic value in national and international trade. The increase in the export value of shrimp has made shrimp farmers implement an intensive cultivation system. Intensive cultivation can result in a decrease in water quality, which causes diseases in shrimp caused by bacteria, viruses, fungi, and parasites (Santi et al., 2017). Many cultivators anticipate this decline in quality with the use of chloramphenicol (Juliana and Yulian, 2020. Improper use of antibiotics can cause chemical residues to be left in shrimp meat, which has an impact

on health problems for consumers if the residue enters the body (Saputra and Arfi, 2020). This residue can result in anemia, gastric disorders, intestines, inflammation of the mouth, and spinal cord damage (Alghifari et al., 2017). The chloramphenicol residue test was carried out using the UHPLC 40D X3 + TQ MS 8045 instrument. Based on the results of chloramphenicol testing on frozen shrimp samples, it was found that both samples did not detect chloramphenicol residues. Undetected results mean that there is no response or level below the detection limit (LOD). The detection limit on this LC-MS/MS device is 0.1 mcg/L. From the results of the tests that have been carried out, a negative result of chloramphenicol levels was obtained in the frozen shrimp samples that have been tested. Therefore, it can be concluded that frozen shrimp samples do not contain chloramphenicol levels and are safe to consume. However, there needs to be further analysis for other parameters to find out the exact condition of the frozen shrimp sample, in accordance with SNI 2705:2020 regarding frozen shrimp.

Keywords: Chloramphenicol, LC-MS/MS, and Frozen shrimp

PENDAHULUAN

Udang merupakan salah satu komoditas perikanan yang mempunyai nilai ekonomi yang tinggi dalam perdagangan nasional maupun internasional. Hal ini dikarenakan udang memiliki peminat yang banyak di kalangan masyarakat. Peningkatan nilai ekspor udang membuat pembudidaya udang menerapkan sistem budidaya intensif. Budidaya intensif yang diterapkan dapat berakibat pada penurunan kualitas perairan, yang menyebabkan timbulnya penyakit pada udang yang disebabkan oleh bakteri, virus, jamur, maupun parasit (Santi *et al.*, 2017). Banyak pembudidaya mengantisipasi penurunan kualitas tersebut dengan penggunaan kloramfenikol (Juliana dan Yulian, 2020).

Kloramfenikol merupakan antibiotik yang memiliki kemampuan aktivitas untuk melawan bakteri aerobik, anaerobik, dan fungi (Mengko *et al.*, 2022). Kloramfenikol banyak digunakan karena harganya relatif murah. Ketidaksadaran peternak udang dalam penggunaan antibiotik seperti kloramfenikol dapat menyebabkan efek negatif. Penggunaan antibiotik yang tidak tepat dapat menyebabkan sisa – sisa bahan kimia tertinggal dalam daging udang, yang

berdampak pada masalah kesehatan bagi para konsumen apabila residu tersebut masuk ke dalam tubuh (Saputra dan Arfi, 2020). Residu ini dapat mengakibatkan anemia, gangguan lambung, usus, radang pada mulut, dan kerusakan sumsum tulang belakang (Alghifari *et al.*, 2017). Pengujian residu kloramfenikol ini dilakukan dengan menggunakan alat instrument khusus berserta bahan kimia yang dibutuhkan dalam proses pengujiannya.

Pengujian residu kloramfenikol ini menggunakan metode LC-MS/MS, prinsip dari metode ini melibatkan dua teknik analisis instrumental utama yang bekerja secara sinergis untuk mengidentifikasi dan mengukur molekul tertentu dalam sampel yang kompleks. Kromatografi cair (LC) merupakan teknik pemisahan yang digunakan untuk memisahkan campuran senyawa dalam suatu larutan berdasarkan perbedaan sifat fisikokimia, seperti massa molekul dan polaritas. Spektrometri massa (MS) merupakan teknik analisis yang digunakan untuk mengidentifikasi dan mengukur massa molekul dari ion - ion yang terbentuk dari senyawa yang ada pada sampel. Penggunaan tandem mass spectrometry (MS/MS) merupakan teknik dua tahap pemisahan yang dilakukan secara berurutan untuk meningkatkan selektivitas dan kepekaan pada analisis. Alat ini memiliki keunggulan yang lebih banyak dibandingkan LC-MS mulai dari kepekaan yang tinggi, selektivitas yang lebih baik, dapat digunakan untuk analisis yang kompleks, dan dapat digunakan untuk aplikasi analisis yang luas, seperti dalam bidang ilmu hayati, farmasi, kimia analitik, dan ilmu lingkungan (Harmita *et al.*, 2019).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan menguji sampel udang beku dengan menggunakan instrumentasi UHPLC 40D X3 + TQ MS 8045. Prapreparasi sampel dilakukan dengan cara membersihkan udang beku dari kulitnya kemudian udang tersebut dihaluskan dengan menggunakan blender.

Bahan

Bahan yang digunakan pada pengujian ini adalah akuabides, asetonitril pekat, etil

asetat pekat, gas nitrogen, heksana, sampel udang beku, dan larutan standar kloramfenikol 1000 mg/L.

Alat

Alat yang digunakan pada pengujian ini adalah centrifuge, disposable syringe 10 mL, neraca analitik, pipet mikro 100-1000 μ L dan 10-100 μ L, syringe filter RC 0,2 μ m, tabung evaporasi, tabung falcon, nitrogen evaporator, clear vial 2 mL, tube 2 mL, vortex mixer, vacuum manifold, SPE C18 (Sep-Pak Vac 3 cc C18 Cartridges), Kolom Acquity UPLC BEH C18, 50 x 21 mm, 1.7 μ m, dan seperangkat LC-MS/MS (Shimadzu UHPLC 40D X3 + TQ MS 8045).

Cara Kerja

Preparasi sampel udang beku

Ditimbang sampel udang beku sebanyak 5 ± 0.5 g ke tabung falcon 50 mL, kemudian ditambahkan 10 mL etil asetat pekat lalu vortex selama 5 menit, disentrifugasi dengan kecepatan 3000 rpm selama 10 menit, dan diambil lapisan atas (fase organik) ke dalam tabung evaporator (diulangi perlakuan satu kali lagi). Diuapkan pelarut yang sudah dipisahkan dengan menggunakan bantuan gas nitrogen pada suhu 55 °C, kemudian dilarutkan residu dengan menggunakan 5 mL akuabides dan vortex selama 3 menit. Dimasukkan seluruh larutan ke dalam tabung falcon 50 mL yang baru dan ditambahkan 5 mL heksana ke dalam tabung evaporator tadi, dan vortex kembali hingga seluruh lemak meluruh, kemudian masukkan seluruh larutan ke dalam tabung falcon 50 mL. Sentrifugasi dengan kecepatan 4500 rpm selama 5 menit, kemudian dibuang lapisan heksana.

Diaktivasi SPE C18 dengan 2 mL methanol dan 2 mL akuabides dengan bantuan vakum manifold, atur laju alir 1 tetes per detik, Dituangkan lapisan bawah (fase air) ke dalam SPE C18, atur laju alir 1 tetes per detik, Dibilas SPE C18 dengan 2 mL akubides, dibiarkan vakum manifold tetap menyala selama 2 menit, dilakukan elusi dengan 2 mL methanol ke dalam tabung evaporator, diuapkan pelarut hingga kering dengan bantuan gas nitrogen dengan suhu 55 °C. Rekonstitusi dengan 1 mL asetonitril 50 %, vortex hingga residu larut, kemudian disaring larutan menggunakan

syringe filter GHP/RC 0.20 μm ke dalam vial 2 mL, dan diinjeksikan ke dalam sistem LC-MS/MS.

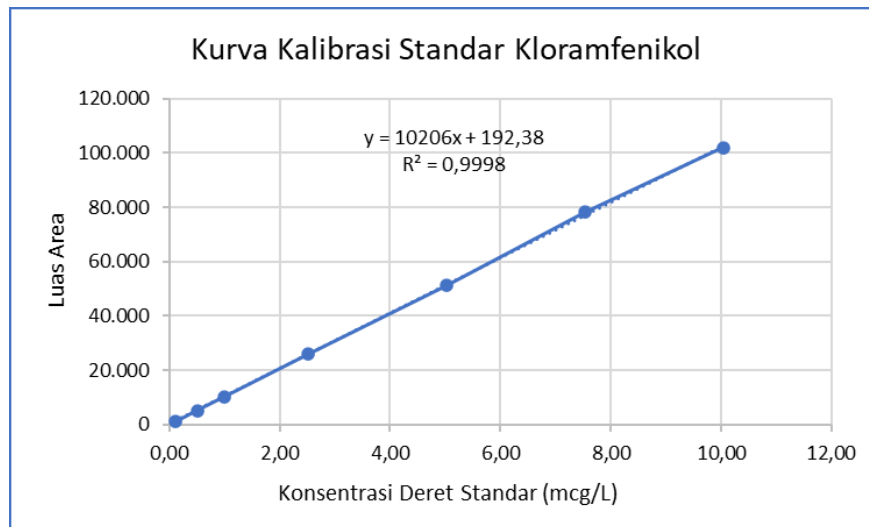
HASIL DAN PEMBAHASAN

Mutu udang beku yang baik adalah tidak terdeteksi residu kloramfenikol menurut SNI 2705:2020. Pada pengujian ini menggunakan tujuh titik deret standar. Data hasil pengukuran deret standar dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil pengukuran deret standar

Kons. Deret Std (mcg/L)	Kons. aktual (mcg/L)	Retention Time (menit)	Area (Unit Luas Area)
0,10	0,09	1,861	1.136
0,50	0,48	1,85	5.066
1,00	1,00	1,857	10.387
2,51	2,52	1,85	25.916
5,02	5,00	1,854	51.273
7,53	7,65	1,849	78.251
10,04	9,96	1,855	101.820

Tabel 1 merupakan data penentuan kurva kalibrasi standar kloramfenikol, sehingga didapatkan hasil kurva kalibrasi meliputi persamaan regresi linier, koefisien korelasi, dan koefisien determinasi. Regresi yang didapat yaitu 0,9998 menunjukkan bahwa pembuatan larutan deret standar dilakukan dengan sangat teliti. Gambar 1 menunjukkan grafik yang menggambarkan hubungan antara konsentrasi standar dengan luas area dari kromatogram standar.



Gambar 1 Grafik Kurva Kalibrasi Standar Kloramfenikol

Gambar 1 merupakan kurva kalibrasi standar kloramfenikol dimana konsentrasi sebagai (x) dan (y) sebagai rasio terkoreksi menunjukkan hubungan berbanding lurus antara konsentrasi dengan luas area. Hal ini berarti semakin besar konsentrasi suatu deret standar semakin besar pula luas areanya. Persamaan regresi yang diperoleh untuk kloramfenikol yaitu $y = 10206x + 192,38$ dengan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,9998.

Analisis kadar kloramfenikol dilakukan pada 2 sampel udang beku dengan satu kontrol sampel. Hasil ekstraksi yang telah dilarutkan dimasukkan dalam sistem LC-MS/MS kemudian terjadi pemisahan menggunakan kromatografi cair (penggunaan fase gerak dan fase diam) pemisahan berdasarkan sifat kimia. Senyawa yang telah terpisah akan masuk ke spektrofotometri massa dan akan membentuk molekul – molekul senyawa diionisasi dengan metode ESI sehingga molekul senyawa tersebut dapat menjadi ion yang bermuatan. Ion tersebut akan diuraikan berdasarkan massa dan muatan yang kemudian akan terdeteksi didalam spektrometri massa. Data hasil pengukuran kloramfenikol pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil pengujian kadar kloramfenikol

No. Sampel	Bobot Sampel (g)		Fp	RT (Menit)		Area		Kadar Sampel mcg/Kg; mcg/L	
	s	d		S	d	s	D	s	D
Blanko	-	-	1	0,00		0		-	-
Kontrol Sampel	5,0123	5,0232	1	0,00	0,00	0	0	TTD	TTD
Kontrol Sampel Spk	5,0143	5,0145	1	1,85	1,85	63,390	63,297	1,23	1,23
Sampel A	5,0654	5,0678	1	0,00	0,00	0	0	TTD	TTD
Sampel B	5,0878	5,0897	1	0,00	0,00	0	0	TTD	TTD

Keterangan :

s = Simplo

d = Duplo

RT = Waktu retensi (*Retention Time*)

TTD = Tidak terdeteksi

Berdasarkan dari hasil pengujian kloramfenikol pada sampel udang beku, didapatkan hasil bahwa dari kedua sampel tidak terdeteksi mengandung residu kloramfenikol. Hasil tidak terdeteksi maksudnya adalah tidak ada respon atau kadar dibawah limit deteksi (LOD). Adapun limit deteksi pada alat LC-MS/MS ini adalah 0,1 mcg/L. Hal ini dapat diartikan bahwa sampel ini dinyatakan memenuhi salah satu syarat SNI 2705:2020 mengenai kandungan residu antibiotik kloramfenikol.

Kloramfenikol merupakan jenis antibiotik dengan spektrum luas dalam penggunaannya. Prinsip kerja antibiotik ini dalam mematikan bakteri adalah dengan cara mengganggu proses sintesis protein. Kloramfenikol pada awalnya merupakan antibiotik untuk infeksi virus, luka, flu, atau mencegah infeksi. Antibiotik ini bekerja

sebagai pencegah pertumbuhan atau membunuh bakteri pada umumnya bakteri anaerobik seperti *Pseudomonas*, *Mycoplasma*, dan *Enterobacteriaceae* (Salita, 2011).

Mekanisme kloramfenikol adalah dengan memengaruhi sintesis protein yaitu dengan menghambat enzim yang mentransfer rantai peptide dengan asam amino (puromisin) pada ribosom. Senyawa kloramfenikol akan masuk ke dalam sel bakteri melalui penyerapan dan bergerak ke target aksinya yaitu ribosom S. Kemudian kloramfenikol akan berikatan dengan sisi A pada ribosom dan menghambat aktivitas peptidyl transferase sehingga sintesis protein dapat dicegah (Rahmayanti, 2021).

Kloramfenikol digunakan dalam budidaya udang sebagai *body protector* agar udang memiliki daya tahan tubuh yang kuat dan tidak mudah terserang penyakit. Selain itu digunakan untuk menambah massa tubuh udang. Efek samping yang dihasilkan dari residu kloramfenikol pada udang jika dikonsumsi jangka panjang antara lain adalah depresi umum sumsum tulang belakang, yang menimbulkan kelainan darah yang serius seperti anemia aplastik dan trombositopenia, selain itu juga dapat menyebabkan gangguan saluran cerna dan rekais hipersensitivitas (Mustika, 2017).

Pengujian kloramfenikol ini dilakukan menggunakan alat LC-MS/MS. Pemisahan pada alat LC menggunakan sistem kolom fase terbalik, artinya fase diam yang digunakan bersifat lebih nonpolar dibandingkan dengan fase geraknya sehingga analit yang cenderung lebih polar akan memiliki waktu retensi lebih cepat untuk mencapai detektor. Fase gerak yang digunakan terdiri dari akuabides dan metanol. Sebelum digunakan pada instrumentasi LC-MS/MS, fase gerak harus disaring terlebih dahulu menggunakan penyaring fase gerak yaitu membran filter ukuran 0.2 µm untuk memastikan bahwa fase gerak tidak terkontaminasi pengotor apapun. Setelah disaring, fase gerak disonifikasi selama 15 menit untuk menghomogenkan fase gerak dan menghilangkan gelembung, proses sonifikasi adalah proses dimana larutan diberi gelombang ultrasonik yang dapat memecah zat yang ada didalamnya menjadi bagian yang sangat kecil.

Penggunaan MS pada analisis residu kloramfenikol sangat berguna karena molekul diionisasi lalu disortir dan diidentifikasi berdasarkan pembagian massa per muatan (m/z). Kunci utama dalam detektor MS adalah jenis Electrospray ionization (ESI). Mekanisme kerja ESI diawali dengan larutan sampel disemprot ke luar ujung kapiler ke daerah dengan tekanan atmosfer, lalu larutan sampel yang keluar melalui kapiler melewati potensial tegangan tinggi dan terbentuklah tetes partikel bermuatan, kemudian tetes-tetes partikel tersebut diarahkan ke aliran gas nitrogen dan menyebabkan pelarut menguap dan menyusut (Pavia *et al.*, 2009). Teknik ionisasi ESI yang digunakan untuk memilih ion induk kloramfenikol dalam percobaan ini adalah ESI dengan polaritas negatif (Chung-wang YJ dan Shih YC, 2001).

Tahap awal analisis residu kloramfenikol ialah menimbang sampel udang sebanyak 5 gram, kemudian ekstraksi sampel udang dengan etil asetat. Penambahan etil asetat berfungsi untuk melarutkan zat-zat yang terdapat dalam daging udang. Etil asetat merupakan pelarut dengan toksisitas rendah yang bersifat semi polar sehingga dapat menarik senyawa yang bersifat polar maupun nonpolar. Menurut Sumardjo (2009), kloramfenikol mudah larut dalam etil asetat. Senyawa kloramfenikol mengandung gugus hidroksil yang terikat pada rantai hidrokarbon yang menyebabkan sifatnya cenderung semi polar sehingga dapat terekstrak dalam pelarut etil asetat (Tanaya *et al.*, 2015). Setelah diekstrak dengan menggunakan vorteks, larutan sampel disentrifugasi untuk memisahkan campuran padatan dengan cairan.

Pemisahan terjadi akibat gaya sentrifugal yang dihasilkan dari perputaran poros instrument dengan kecepatan tinggi. Setelah itu lapisan atas etil asetat dipindahkan ke dalam tabung evaporator. Lalu diuapkan dengan gas nitrogen. Ekstrak yang didapat kemudian dilarutkan dengan akuabides dan ditambahkan heksana. Penambahan heksana berfungsi untuk menghilangkan lemak dalam ekstrak sampel. Larutan divorteks hingga seluruh lemak meluruh. Kemudian disentrifugasi untuk memisahkan campuran akuabides dengan heksana. Lapisan atas (heksana) dibuang dan lapisan bawah (akuabides) dimurnikan dengan menggunakan SPE C18

untuk menghilangkan pengotor. Kemudian dilakukan elusi terhadap SPE C18 menggunakan metanol. Selanjutnya, metanol diuapkan dengan bantuan gas nitrogen untuk mendapatkan ekstrak kering. Lalu ekstrak kering dilarutkan dengan 1 mL asetonitril 50%.

Dalam pengujian kadar residu kloramfenikol dipreparasi dan diinjeksikan kontrol sampel sebagai jaminan mutu dalam bentuk simplo, duplo dan spike. Spike sample adalah analisis yang digunakan untuk menguji metode pada berbagai konsentrasi analit. Jumlah analit yang ditambahkan ke sampel telah diketahui dan bisa dicari persen hitung. Jika terdapat pengganggu pada sampel, hasil yang diperoleh dapat dianalisis secara signifikan lebih tinggi atau lebih rendah dari konsentrasi yang sebenarnya. Spiking bertujuan untuk mengetahui seberapa banyak jumlah analit yang diperoleh kembali dengan melihat % recovery pada sampel tersebut, dengan membandingkan kadar zat yang didapat dari analisis dengan kadar zat yang ditambahkan. Perolehan kembali (% recovery) menunjukkan derajat kedekatan hasil analisis terhadap kadar zat yang sebenarnya. Akurasi merupakan ukuran ketepatan metode analisis. Untuk analisis, harga persen perolehan kembali memiliki rentang antara 80-120 %.

Adapun persen perolehan kembali yang didapat dari analisis kadar residu kloramfenikol ini adalah sebesar 82,18%, hasil ini menunjukkan hasil yang baik serta menghasilkan data analisis yang akurat dan masuk ke dalam rentang persen perolehan kembali. Makin dekat hasil analisis yang diperoleh dengan nilai sebenarnya, maka akurasinya semakin tinggi (Istiqalah, 2004).

KESIMPULAN

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, didapatkan hasil negatif kadar kloramfenikol pada sampel udang beku yang telah diuji. Maka dari itu dapat disimpulkan bahwa sampel udang beku tidak mengandung kadar kloramfenikol dan aman dikonsumsi. Namun, perlu ada analisis lanjutan untuk parameter lain untuk mengetahui secara pasti kondisi sampel udang beku tersebut, sesuai dengan SNI 2705:2020 tentang udang beku.

REFERENSI

- Alghifari, D., Kuswandi, B. dan Pratoko, D. 2017. Pengembangan sensor kloramfenikol berbasis imobilisasi bovine serum albumin (BSA) pada selulosa asetat dengan metode spektrofotometri. *E-Journal Pustaka Kesehatan*, (5):40-45.
- [BSN] Badan Standarisasi Nasional. 2020. SNI 2705:2020 tentang Udang Beku. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Chung-wang YJ dan Shih YC. 2001. Determination and confirmation of chloramphenicol residues in swine muscle and liver. *Journal of Food Science*, (1):21–28.
- Gandjar, L.G. dan Rohman, A. 2007. *Kimia Farmasi Analisis*. 11th ed. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Harmita, K., Harahap, Y. dan Supandi. 2019. *Liquid Chromatography Tandem Mass Spectrometry (LC-MS/MS)*.
- Helle, N. dan Carlos, G. 2006. Safe and efficient detection of chloramphenicol in food using automated SPE. *Gerstel*, (1):1–8.
- Iskandar, A, Wandanu, D dan Muslim. 2022. Teknik produksi pembesaran udang vaname (*Litopenaeus vannamei*): studi kasus di PT Dewi Laut Aquaculture Garut. *Nekton: Jurnal Perikanan dan Ilmu Kelautan*, 2 (2): 1-13. Tersedia pada: <https://doi.org/10.47767/nekton.v2i2.33>.
- Istiqalah, A. 2004. Validasi metode analisis penetapan kadar pirazinamida secara KCKT [Laporan PL]. Bogor.
- Juliana, M. dan Yulian, M. 2020. Identifikasi kloramfenikol pada udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*) menggunakan High Performance Liquid Chromatography (HPLC). *Amina*, (2):3–18.

- Mustika, F. 2017. Penentuan residu dan pengaruh pemanasan terhadap kandungan antibiotik yang terdapat dalam daging ayam yang beredar di Pasar Kota Medan. *Jurnal Pembangunan & Kota*, (1):24-30.
- Pavia DL, Gary ML, George SK. 2009. Introduction to Spectroscopy. In Brooks/Cole Cengage Learning.
- Rahmayanti. 2021. Pengembangan sensor kloramfenikol berbasis imobilisasi bovine serum albumin (BSA) pada selulosa asetat dengan metode spektrofotometri. *E-Journal Pustaka Kesehatan*, (5):80-85.
- Salita, E. 2011. Pemeriksaan residu kloramfenikol pada udang windu (*Penaeus monodon*) dari hasil budidaya tambak secara kromatografi cair kinerja tinggi.
- Santi, S., Nur, I. dan Kurnia, A. 2017. Penggunaan bahan aktif ekstrak daun jambu biji (*Psidium guajava*L) untuk menghambat pertumbuhan bakteri *Vibrio Harveyi* penyebab penyakit pada udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*) secara in vitro. *Jurnal Sains dan Inovasi Perikanan*, (1): 10–15.
- Saputra, S.A. dan Arfi, F. 2020. Analisis residu kloramfenikol pada udang windu (*penaeus monodon*) menggunakan High Performance Liquid Chromatography (HPLC). *Amina* (1):126–131.
- Silverstein, R.M., FX Webster and DJ Kiemle. 2005. Spectrometric Identification of Organic Compounds. 7th edn. New York: John Wiley & Sons.
- Tanaya, V., Rurini, R. dan Suratmo. 2015. Fraksi semi polar dari daun manga kasturi (*Mangifera casturi Kosterm*). *Student Journal*, (1):778–784.
- Virgianti, Silvi Eka, Anita Dewi, dan Prehatin Trirahayu. 2022. Kandungan Residu Kloramfenikol Pada Udang Putih (*Litopenaeus vannamei*). *Buletin Keslingmas*, 41(4):149-155.