Journal Transformation of Mandalika
https://ojs.cahayamandalika.com/index.php/jtm

Vol. 7, No. 5, 2026
e-ISSN: 2745-5882, p-ISSN: 2962-2956
hh. 217-222

Aktivitas antibakteri *mucus* siput darat (*terestrial snails*): *review*

I Gusti Ayu Agung Septiari[1*], Ni Putu Aryati Suryaningsih[2]
[1,2] Program Studi FarmasiFakultas Ilmu – Ilmu Kesehatan Universitas Bali Internasional
Coresponding Author: igustiseptiari@gmail.com

Abstract: *Antibiotic resistance is one of the major health problems faced by many countries around the world. Due to the urgency of antibiotic resistance, efforts to identify new lead compounds from novel sources and analyses to determine their bioactivity are highly needed for antibiotic development. One of the invertebrate organisms studied for its potential to produce secondary metabolites with antibacterial properties is the class Gastropoda within the phylum Mollusca. Gastropods consist of more than 80 thousand species and differ from other classes in the phylum Mollusca due to their torsioned body. Gastropods have three subclasses, namely Prosobranchia, Opisthobranchia, and Pulmonata. One of the terrestrial gastropod species is snails, which include those with shells (snails) and shell-less snails (slugs), belonging to the subclass Pulmonata. Mucus from snails is utilized as traditional medicine and as an innovative natural product to treat various health problems. Since Gastropoda includes a large number of species distributed across various ecosystems, but research on the antibacterial potential of their secondary metabolites is still limited, this review aims to summarize studies exploring the antibacterial effects of secondary metabolites in the mucus produced by terrestrial gastropod species, particularly various species of terrestrial shelled snails (terrestrial snails). The preparation of this review article uses a literature study method with a systematic approach. The articles used are international articles discussing the antibacterial activity of secondary metabolites in the mucus produced by terrestrial shelled snails (snails). Articles were obtained from the PubMed database using the keywords snails AND antibacterial from the period 2000 to 2023; the period before 2000 was excluded due to the very limited number of articles. The results obtained from the journal review indicate the presence of bioactive components such as peptides, glycopeptides, and other secondary metabolites found in the mucus of several terrestrial snail species. These bioactive components exhibit antibacterial activity against both gram-positive and gram-negative bacteria.*
Keywords: *Antibacterial Activity, Terrestrial Snails, Mucus*

Abstrak: Resistensi antibiotik merupakan salah satu masalah kesehatan utama yang dihadapi oleh berbagai negara di dunia. Oleh karena urgensi masalah resistensi antibiotik, upaya untuk mengidentifikasi senyawa penuntun (*lead compound*) baru dari sumber baru dan analisis untuk menentukan bioaktivitasnya sangat dibutuhkan untuk pengembangan antibiotik. Salah satu organisme invertebrata yang diteliti terkait dengan potensinya untuk menghasilkan metabolit sekunder yang memiliki sifat antibakteri adalah kelas Gastropoda yang termasuk ke dalam filum Moluska. Gastropoda terdiri dari 80 ribu lebih spesies dan berbeda dari kelas-kelas lainnya dalam filum Moluska karena tubuh yang bertorso. Gastropoda memiliki 3 sub-kelas yaitu: *Prosobranchia, Opistobranchia,* dan *Pulmonata*. Spesies Gastropoda darat salah satunya adalah siput baik yang memiliki cangkang (*snails*) dan siput telanjang (*slugs*) yang termasuk kedalam sub-kelas *Pulmonata*. *Mucus* dari siput dimanfaatkan sebagai obat tradisional dan juga produk bahan alam inovatif untuk mengobati berbagai masalah kesehatan. Oleh karena Gastropoda mencakup spesies dalam jumlah yang besar yang hidupnya tersebar pada berbagai ekosistem, namun penelitian mengenai potensi antibakteri dari metabolit sekundernya masih terbatas, maka *review* ini bertujuan untuk merangkum penelitian yang mengekplorasi efek antibakteri dari metabolit sekunder dalam *mucus* yang dihasilkan oleh spesies-spesies dalam kelas Gastropoda yang hidup di darat (*terrestrial gastropoda*) khususnya berbagai spesies siput darat bercangkang (*terrestrial snails*). Penyusunan artikel *review* ini menggunakan metode studi pustaka dengan pendekatan sistematis. Artikel yang digunakan adalah artikel internasional yang membahas mengenai aktivitas antibakteri metabolit sekunder pada *mucus* yang dihasilkan oleh siput darat bercangkang (*snails*). Artikel diperoleh dari *database* PubMed dengan menggunakan kata kunci *snails AND antibakteri* dari periode tahun 2000 hingga 2023, periode sebelum tahun 2000 dieksklusi karena jumlah artikel yang sangat minim. Hasil yang diperoleh dari *review* jurnal yang telah dilakukan adalah adanya komponen bioaktif seperti peptida, glikopeptida, dan metabolit sekunder lainnya ditemukan pada *mucus* beberapa spesies siput darat. Komponen-komponen bioaktif tersebut memiliki aktivitas antibakteri terhadap bakteri gram positif dan bakteri gram negatif.
Keywords: Aktivitas Antibakteri, Siput Darat, Mucus

How to Cite: I Gusti Ayu Agung Septiari, Ni Putu Aryati Suryaningsih. (2026). Aktivitas antibakteri *mucus* siput darat (*terestrial snails*): *reviewJournal Scientific of Mandalika (JSM) E-ISSN 2745-5955 | P-ISSN 2809-0543, 7*(2), 265-275. https://doi.org/10.36312/10.36312/vol4iss1pp217-222

https://doi.org/10.36312/10.36312/vol4iss1pp217-222

Copyright©2026, Author (s)
This is an open-access article under the CC-BY-SA License.

PENDAHULUAN

Resistensi antibiotik merupakan salah satu masalah kesehatan utama yang dihadapi oleh berbagai negara di dunia. Resistensi antibiotik disebabkan adanya perubahan pada bakteri yang mengakibatkan antibiotik kurang efektif dalam menangani infeksi. Temuan model statistik prediktif memperkirakan terdapat 4,95 juta kematian karena resistensi antimikroba di tahun 2019 di seluruh dunia, termasuk di dalamnya 1,27 juta kematian yang diakibatkan resistensi antibiotik. Bakteri yang menjadi fokus utama karena terkait dengan resistensi yang mengakibatkan kematian adalah *Eschericia coli, Staphylococcus aureus, Klebsiella pneumoniae, Streptococcus pneumoniae, Acinetobacter baumannii, dan Pseudomonas aeruginosa* (Murray *et al.*, 2022). Resistensi antimikroba jika tidak ditangani dengan serius diperkirakan akan mengakibatkan 700 ribu kematian per tahun dan jumlah ini akan meningkat sampai 10 juta kematian di tahun 2050 (O'Neill, 2016).

Oleh karena urgensi masalah resistensi antibiotik, upaya untuk mengidentifikasi senyawa penuntun (*lead compound*) baru dari sumber baru dan analisis untuk menentukan bioaktivitasnya sangat dibutuhkan untuk pengembangan antibiotik. Mengingat bidang penemuan dan pengembangan antibiotik mengalami krisis inovasi dimana tidak terdapat antibiotik golongan baru yang ditemukan dan disetujui oleh Badan Pengawas Obat dan Makanan Amerika Serikat (FDA) sejak akhir tahun 1980. Salah satu pendektan yang digunakan untuk menangani masalah ini adalah dengan memanfaatkan bahan alam (*natural products*/NP). Dari 162 antibiotik yang disetujui oleh FDA dari tahun 1981 hingga 2019, sekitar 50% diperoleh dari bahan alam yang bersumber dari mikroba. Selain dari sumber mikroba, bahan alam dari tumbuhan juga menjadi sumber antibiotik yang menjanjikan untuk dieksplorasi. Bahan alam dari tumbuhan memiliki kelebihan berupa keunikan kemodiversitivitas, distribusi yang luas, kemudahan akses, dan variasi mekanisme antibakteri (Porras *et al.*, 2021).

Bakteri tersebar secara luas di lingkungan dan bakteri dapat menginfeksi (e.g. infeksi *Pseudomonas* sp.) vertebrata, invertebrata dan tumbuhan. Untuk mempertahankan dirinya dari infeksi bakteri maka organisme tersebut memiliki strategi yang kemungkinan dapat digunakan sebagai sumber antibiotik untuk pengobatan pada manusia (Pitt *et al.*, 2019). Salah satu organisme invertebrata yang diteliti terkait dengan potensinya untuk menghasilkan metabolit sekunder yang memiliki sifat antibakteri adalah kelas Gastropoda yang termasuk ke dalam filum Moluska. Filum Moluska tidak memiliki imunitas adaptif namun mereka hidup pada lingkungan yang memiliki keberagaman mikroorganisme dan terpapar dengan berbagai jenis pathogen. Untuk pertahanannya, Moluska mengandalkan imunitas bawaan dan adanya metabolit sekunder (Belouhova *et al.*, 2022). Filum Moluska jika dibandingkan dengan intervertebrata lainnya, memiliki sumber senyawa farmakologis aktif pada *hemolymph* dan *mucus* (Suárez *et al.*, 2021).

Gastropoda terdiri dari 80 ribu lebih spesies dan berbeda dari kelas-kelas lainnya dalam filum Moluska karena tubuh yang bertorso. Gastropoda memiliki 3 sub-kelas yaitu: *Prosobranchia, Opistobranchia*, dan *Pulmonata*. Mereka dapat hidup di darat, air tawar, dan laut (O'Brien & Pellett, 2022). Spesies Gastropoda darat salah satunya adalah siput baik yang memiliki cangkang (*snails*) dan siput telanjang (*slugs*) yang termasuk kedalam sub-kelas Pulmonata. *Mucus* dari siput dimanfaatkan sebagai obat tradisional dan juga produk bahan alam inovatif untuk mengobati berbagai masalah kesehatan (Belouhova *et al.*, 2022). *Mucus* dari siput mempunyai efek dalam penyembuhan luka dan mampu mencegah infeksi karena mengandung berbagai komponen bioaktif (Cilia & Fratini, 2018).

Beberapa penelitian sebelumnya mengidentifikasi efek antibakteri dari metabolit sekunder yang dihasilkan oleh beberapa spesies Gastropoda. Oleh karena Gastropoda mencakup spesies dalam jumlah yang besar yang hidupnya tersebar pada berbagai ekosistem, namun penelitian mengenai potensi antibakteri dari metabolit sekundernya masih terbatas, maka *review* ini bertujuan untuk merangkum penelitian yang mengekplorasi efek antibakteri dari metabolit sekunder dalam *mucus* yang dihasilkan oleh spesies-spesies dalam kelas gastropoda yang hidup di darat (*terrestrial gastropoda*) khususnya berbagai spesies siput darat bercangkang (*terrestrial snails*).

METODE PENELITIAN

Pada penyusunan artikel *review* ini menggunakan metode studi pustaka dengan pendekatan sistematis. Data berupa jurnal penelitian dikumpulkan dari *database*, dianalisis, dan diringkas. Artikel yang digunakan adalah artikel internasional yang membahas mengenai aktivitas antibakteri metabolit sekunder pada *mucus* yang dihasilkan oleh siput darat bercangkang (*snails*). Artikel diperoleh dari *database* PubMed dengan menggunakan kata kunci "*snails*" *AND* "*antibacterial*" dari periode tahun 2000 hingga 2023, periode sebelum tahun 2000 dieksklusi karena jumlah artikel yang sangat minim. Hasil yang diperoleh dari pencarian secara *online* adalah sebanyak 320 artikel. Selanjutnya artikel-artikel tersebut dimasukkan ke dalam *citation manager*, Zotero kemudian dilakukan seleksi artikel, terkait duplikasi dan konten. Artikel dipilih yang sesuai dengan topik bahasan dengan membaca judul dan abstrak sehingga diperoleh sisa sebanyak 17 artikel. Artikel yang dipilih di PubMed adalah artikel yang membahas tentang aktivitas antibakteri dari metabolit sekunder *mucus* siput darat (*terrestrial snails*). Artikel yang sesuai dengan pembahasan namun tidak berisi konten yang lengkap serta tidak bersifat *open access* dieksklusi dari *review* artikel ini. Selain itu eksklusi juga dilakukan terhadap artikel yang dominan melibatkan metode *in silico* dan menggunakan derivat peptida sintetik *(snail-derived antimicrobial peptide)* dalam pengujian aktivitas antibakterinya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pustaka yang diperoleh dari *database* PubMed dari periode tahun 2000 hingga 2023 adalah sebanyak 320. Skrining pada judul dan abstrak dilakukan untuk memilih pustaka yang sesuai dengan topik pembahasan. Secara keseluruhan

review artikel ini menggunakan 17 artikel. Jurnal yang dipilih adalah semua jurnal yang sesuai dengan pembahasan yang ada di PubMed dari periode tahun 2000 hingga 2023.

Tabel 1. Hasil Pencarian Pustaka

Komponen	Nama Latin	Bakteri	Kandungan	Sumber
Mucus	*Cornu aspersum*	-	Peptida Antimikrobial: LGHDVH AAGLAGAGNGGG LLFSGGQFNG LNLGLDAGGGDPGG GAACNLEDGSCLGV NLVGGLSGGGRGGAPGG LGGLGGGGAGGGGLVGEPG NLVGGLSGGGRGGAPGGGG GLLGGGGGAGGGGLVGGLLNG MGGLLGGVNGGGKGGGGPGAP LFGGHQGGGLVGGLWRK NGLFGGLGGGGHGGGGKGPGEGGG LLLLMLGGGLVGGLLGGGGKGGG PFLLGVGGLLGGSVGGGGGGGGAPL LPFLGLVGGLLGGSVGGGGGGGGPAL DVESLPVGGLGGGGGGAGGGGLVGGNLGGGAG	(Belouhova *et al.*, 2022)
Mucus	*Cornu aspersum*	*C. pefringens* NBIMCC 8615, *B. laterosporus* BT-271, *E. coli* NBIMCC 8785, *P. aureofaciens* AP9, *B. laterosporus strain* BT-271	Peptida Antimikrobial: DLTLNGLSPK MPDGALLGGGGD DGPADNAQGAVG SLEERDIQ GGLLAAGAGGGGAAV LGLGNGGAGGGLVGG LNLGLDAGGGDPGG FNHKSLPKLEN NLVGGLSGGGRGGAPGG LGGLGGGGAGGGGLVGEPG NLVGGSGGGGRGGANPLG NGPNGGLGGSLVNGDPK GLLGGGGGAGGGGLVGGLLNG MGGLLGGVNGGGKGGGGPGAP MLLNAKWAPHSTGPPNA LPFLGLVGGLLGGSVGGGGGGGGPAL DVESLPVGGLGGGGGGAGGGGLVGGNLGGGAG	(Dolashki *et al.*, 2020a)
Mucus	*Achatina fulica* Férussac	*S. aureus* dan *E. coli*	*Achacin* (glikoprotein antibakteri)	(Ehara *et al.*, 2002)
Mucus	*Eremina deserterum*	Strain MDR *P.aeruginosa,* MDR *E.coli,* PDR *S. aureus,* MDR *A. niger,* MDR *R. solonifer,* MDR *Trichoderma harzianum,* PDR *C. albicans*	3H-1,2,4-triazole-3-thione, 4,5-dihydro-4,5-diphenyl followed by phthalic acid, 7-bromoheptyl ethyl ester and methyl 1,2-benzisothiazole-3-acetate	(El-Zawawy & Mona, 2021)
Mucus	*Lissachatina fulica*	*S. aureus, B. subtilis, E. coli,* dan *Acinetobacter spp.*	*Achacin*	(Noothuan *et al.*, 2021)
Mucus	*Helix aspersa*	*P. aeruginosa*	Protein dengan berat molekul antara 3 –	(Pitt *et al.*,

			100 kDa	2015)
Mucus	*Cornu aspersum*	*P. aeruginosa*	Protein dengan berat molekul antara 30 – 40kDa	(Pitt *et al.*, 2019)
Mucus	*Achantia fulica*	*S. aureus*	*Hemocyanin derived peptides* (20 – 80kDa)	(Suárez *et al.*, 2021)
Mucus	*Helix aspersa*	*P. aeruginosa*	3-hydroxybutirat, asam 4-methyl-2-oxovalerat, asam asetat, alanin, allantonin, betaine, choline, cytosine, ethanol, asam format, glukosa, glisin, gliserol, asam isobutirat, asam isovalerate, asam laktat, fenilalanin, asam L-tartarat, asam suksinat, sukrosa, valin, TSPA, peptide < 1kDa (LGHDVH, LFSNQLFN, DQDSHPYSGP, LGLGNGGAGGGLVGG, NNTVCGV, LLMGPEV, AAGLAGAGNGGG, ACAATCGVEDGV)	(Vassilev *et al.*, 2020)
Mucus	*Achantia fulica*	*Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Bacillus pyocyaneus* CMCCB 10104, *Bacillus dysenteriae,*	*Mytimacin*	(Zhong *et al.*, 2013)

Kandungan senyawa bioaktif seperti protein, peptida, dan glikopeptida ditemukan pada *mucus* dari berbagai Moluska (Belouhova *et al.*, 2022). Peptida antimikrobial (*antimicrobial peptides*/AMPs) atau dikenal juga dengan *host defense peptides*, dihasilkan oleh berbagai organisme, merupakan senyawa bioaktif yang memberikan perlindungan dari infeksi mikroba. AMP memiliki berbagai fungsi yang dikategorikan sebagai antiviral, antifungal, antiparasit, antibiofilm, dan antibakteri. Peptida antibakteri mentargetkan membran bakteri (melalui mekanisme pembentukan pori atau tanpa mekanisme pembentukan pori), DNA, RNA, dan protein. Peptida dengan sekuens pendek dapat menghambat berbagai macam mikroba seperti bakteri dan fungi (Dolashki *et al.*, 2020a).

Berbagai senyawa dengan efek antimikroba, antioksidan, aktivitas regeneratif ditemukan pada *mucus* siput darat (*terrestrial snail*) (Belouhova *et al.*, 2022; Dolashki *et al.*, 2020a). Pada *mucus Cornu aspersum* ditemukan terdapat sembilan peptida dengan berat molekul 1000 hingga 3000 Da. Analisis metabolit dari *mucus* siput dengan teknik *nuclear magnetic resonance* (NMR) menunjukkan metabolit yang mempunyai aktivitas antioksidan, antibakteri, dan antimikroba adalah fraksi metabolit yang memiliki berat molekul (BM) rendah (BM < 1kDa dan BM < 3kDa). Hasil analisis sekuens asam amino menunjukkan peptida dalam *mucus C. aspersum* secara dominan mengandung asam amino glisin (G), leusin (L), prolin (P), valin (V), fenilalanin (F), alanin (A), asam aspartat (D), asparagin (N), dan triptofan (W) yang identik untuk peptida dengan efek antimikrobial. Asam-asam amino tersebut merupakan komponen penting dari sistem imunitas bawaan. *Mucus C. aspersum* mengandung peptida kationik dan anionik, namun peptida kationik bersifat dominan, yang dikarakterisasi oleh struktur amfipatik dan sebagian besar permukaan hidrofobik. AMP yang bersifat kationik membunuh mikroba dengan cara berinteraksi dengan residu peptida yang bermuatan positif dengan komponen pada membrane sel target yang bermuatan negatif. Interaksi ini akan mengakibatkan permeabilisasi membran, depolarisasi, kebocoran, atau lisis yang mengakibatkan kematian sel. Terdapat berbagai model mekanisme yang menjelaskan kerja peptida yaitu *toroidal pore model, the barrel stave model, the carpet model,* dll. Beberapa AMP yang bermuatan positif masuk ke dalam sel dan berikatan dengan molekul intraseluler yang mempunyai peran penting untuk keberlangsungan sel. Peptida tersebut dapat berinteraksi dengan protein ribosom bakteri dan menginduksi kematian sel melalui adanya interaksi dengan intraseluler DNA (Belouhova *et al.*, 2022; Dolashki *et al.*, 2020a).

Peptida dengan sekuens asam amino LGHDVH, LLFSGGQFNG LGLGNGGAGGGLVGG,GLLGGGGGAGGGGLVGGLLNG,MGGLLGGVNGGGKGGGGPGAP,LFGGHQGGGL VGGLWRK,NGLFGGLGGGGHGGGGKGPGEGGG,LLLLMLGGGLVGGLLGGGGKGGG (Tabel 1) diprediksi memiliki efek antibakteri. Selain itu peptida dengan sekuens asam amino LGHDVH dan NGLFGGLGGGGHGGGGKGPGEGGG memiliki aktivitas antiviral. Peptida dengan sekuens asam amino GLLGGGGGAGGGGLVGGLLNG, LFGGHQGGGLVGGLWRK,NGLFGGLGGGGHGGGGKGPGEGGG,LLLLMLGGGLVGGLLGGGGKGGG diprediksi memiliki aktivitas antibakteri dan antifungal. Peptida dengan kemungkinan aktivitas antibakteri dan antifungal tertinggi mempunyai residu glisin dan leusin yang tinggi serta satu atau dua residu prolin (Belouhova *et al.*, 2022; Dolashki *et al.*, 2020a).

Beberapa peptide yang teridentifikasi pada *Cornu aspersum* di penelitian Dolashki *et al.* (2020b) termasuk ke dalam golongan peptida antimikrobial anionik (*anionic antimicrobial peptides*/AAMPs) yang semakin banyak diidentifikasi

pada invertebrata, vertebrata, dan tumbuhan selama beberapa dekade terakhir. Pada umumnya AAMPs menunjukkan aktivitas antibakteri namun beberapa diantaranya bersifat multifungsional yang juga menunjukkan aktivitas antifungal, antikanker, aktivitas neuropeptida, dan memiliki potensi sebagai antibiotik konvensional. Interaksi membran merupakan kunci dari aktivitas antimikroba dari AAMPs. Beberapa mekanisme kerja dari peptida ini mengikuti *toroidal pore formation* dan *carpet model*.

Achacin merupakan glikoprotein yang ditemukan pada *mucus Achatina fulica* Férussac dan *Lissachatina fulica*. Dari hasil analisis sekuens menunjukkan *achacin* terasuk ke dalam keluarga amin oksidase (enzim flavin). Keluarga enzim ini terdiri dari berbagai amin oksidase termasuk *L-amino acid oxidase* (LAO). LAO mengkatalisis reaksi deaminasi oksidatif dari asam L-amino yang selanjutnya akan menghasilkan α-ketoacids, hidrogen peroksida (H_2O_2), dan ammonia (NH_3). Beberapa LAO memiliki efek antibakteri. *Achacin* mengenali dan berikatan dengan bakteri yang berada pada *growth-phase* dan adanya H_2O_2 akan berdampak lethal terhadap bakteri (Ehara *et al.*, 2002; Noothuan *et al.*, 2021). Pada penelitian lainnya mengidentifikasi adanya AMP *mytimacin*-AF pada *mucus A. fulica*. *Mytimacin*-AF merupakan peptida kationik yang kaya akan cysteine dan termasuk ke dalam keluarga *mytimacin*. *Mytimacin*-AF terdiri dari 80 asam amino termasuk 10 cystein. *Mytimacin* menunjukkan aktivitas antimikrobial yang kuat terhadap *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Bacillus pyocyaneus* CMCCB 10104, *Bacillus dysenteriae*, dengan nilai kadar inhibisi minimum (MIC) secara berturut-turut 1,9 μg/ml, 3,75 μg/ml, 3,75 μg/ml (Zhong *et al.*, 2013).

Eremina deserterum merupakan spesies siput yang yang ditemukan diberbagai lokasi berbeda di daerah Mediterania. Pada penelitian El-Zawawy & Mona (2021) ekstrak *mucus* dari *Eremina deserterum* mengandung 3H-1,2,4-triazole-3-thione, 4,5-dihydro-4,5-diphenyl, *phthalic acid*, 7-bromoheptyl ethyl ester and methyl 1,2-benzisothiazole-3-acetate yang menunjukkan aktivitas antibakteri terhadap strain *multi-drug resistance* (MDR) *P. aeruginosa*, MDR *E.coli*, *pandrug resistance* (PDR) *S. aureus*, MDR *A. niger*, MDR *R. solonifer*, MDR *Trichoderma harzianum*, dan PDR *C. albicans*.

Substansi yang terkandung pada *mucus H. aspersum* dan *C. aspersum* memiliki aktivitas antibakteri terhadap *P. aeruginosa*. *Mucus H. aspersum* mengandung AAMPs (*Achacin-like protein*). Hasil *size exclusion chromatography* (SEC) mengindikasikan protein dengan berat molekul 30-100kDa berkontribusi terhadap aktivitas antimikrobialnya. Hasil elektroforesis menunjukan protein dengan BM 30-40kDa dan 50-60kDa terdapat dalam konsentrasi rendah. Kekuatan aktivitas antibakteri pada *mucus H. aspersum* kemungkinan karena adanya interaksi antara dua protein tersebut. Selain itu penelitian lainnya menemukan bahwa *mucus C. aspersum* kemungkinan memiliki aktivitas antibakteri karena mengadung protein dengan ukuran 17,5 kDa yang merupakan *sialic acid binding lectin*. Beberapa *lectin* memiliki pathogen recognition receptor (PRR) yang berkontribusi terhadap aktivitas antimikrobialnya. Dari hasil *size exclusion chromatography*, protein dengan berat molekul 30-40kDa (tepatnya 37,5kDa) memiliki aktivitas antibakteri yang kuat terhadap *P. aeruginosa*. Protein tersebut diidentifikasi sebagai aspernin yang dapat dieksplorasi lebih lanjut aktivitas antibakterinya (Pitt *et al.*, 2015, 2019).

Pada penelitian Vassilev *et al.* (2020) beberapa metabolit pada *mucus H. aspersa* yang teridentifikasi melalui *nuclear magnetic resonance* (NMR) yaitu 3-hydroxybutirat, asam 4-methyl-2-oxovalerat, asam asetat, alanin, allantonin, betaine, choline, cytosine, ethanol, asam format, glukosa, glisin, gliserol, asam isobutirat, asam isovalerat, asam laktat, fenilalanin, asam L-tartarat, asam suksinat, sukrosa, valin, TSPA. Selain terdapat beberapa peptida yang teridentifikasi melalui *tandem mass spectrometry* dengan berat molekul kurang dari 1kDa. Peptida tersebut adalah LGHDVH, LFSNQLFN, DQDSHPYSGP, LGLGNGGAGGGLVGG, NNTVCGV, LLMGPEV, AAGLAGAGNGGG, ACAATCGVEDGV. Kebanyakan peptide yang teridentifikasi mengandung leusin, glisin, fenilalanin, asam aspartat, asparagin, dan histidine, satu atau dua prolin yang merupakan karakteristik AMP. Peptida-peptida tersebut merupakan molekul amfipatik dengan pI < 7. Asam-asam amino hidrofobik seperti triptofan, valin, leusin, dan isoleusin pada sekuens peptida penting untuk pembentukan struktur sekunder dan interaksi dengan membran bakteri. Peptida dengan sekuens LGLGNGGAGGGLVGG kaya akan glisin dan leusin yang menunjukkan aktivitas antibakteri yang kuat terhadap bakteri gram negatif dan bakteri gram positif.

KESIMPULAN

Beberapa komponen bioaktif seperti peptida, glikopeptida, dan metabolit sekunder lainnya ditemukan pada *mucus* beberapa spesies siput darat. Komponen-komponen bioaktif tersebut memiliki aktivitas antibakteri terhadap bakteri gram positif dan bakteri gram negatif. Penelitian lebih lanjut seperti isolasi dan identifikasi struktur dari komponen bioaktif yang dihasilkan oleh *mucus* siput darat melalui teknik-teknik dalam biologi struktural (*structural biology*) sangat diperlukan untuk mengetahui aktivitas biologi, mekanisme kerja dari komponen bioaktif tersebut. Selain itu analisis metabolomik juga dapat digunakan untuk menentukan jalur metabolik pada bakteri yang dipengaruhi oleh molekul-molekul bioaktif dari *mucus* siput darat.

DAFTAR PUSTAKA

1. Belouhova, M., Daskalova, E., Yotinov, I., Topalova, Y., Velkova, L., Dolashki, A., & Dolashka, P. (2022). Microbial diversity of garden snail mucus. *MicrobiologyOpen, 11*(1), e1263. https://doi.org/10.1002/mbo3.1263
2. Cilia, G., & Fratini, F. (2018). Antimicrobial properties of terrestrial snail and slug mucus. *Journal of Complementary & Integrative Medicine, 15*(3). https://doi.org/10.1515/jcim-2017-0168

3. Dolashki, A., Velkova, L., Daskalova, E., Zheleva, N., Topalova, Y., Atanasov, V., Voelter, W., & Dolashka, P. (2020a). Antimicrobial activities of different fractions from mucus of the garden snail *Cornu aspersum*. *Biomedicines, 8*(9), 315. https://doi.org/10.3390/biomedicines8090315
4. Dolashki, A., Velkova, L., Daskalova, E., Zheleva, N., Topalova, Y., Atanasov, V., Voelter, W., & Dolashka, P. (2020b). Bioactive compounds in snail mucus. *Biomedicines, 8*(9), 315. https://doi.org/10.3390/biomedicines8090315
5. Ehara, T., Kitajima, S., Kanzawa, N., Tamiya, T., & Tsuchiya, T. (2002). Antimicrobial action of achacin is mediated by L-amino acid oxidase activity. *FEBS Letters, 531*(3), 509–512. https://doi.org/10.1016/S0014-5793(02)03608-6
6. El-Zawawy, N. A., & Mona, M. M. (2021). Antimicrobial efficacy of Egyptian *Eremina desertorum* and *Helix aspersa* snail mucus. *Scientific Reports, 11*, 24317. https://doi.org/10.1038/s41598-021-03664-3
7. Murray, C. J. L., et al. (2022). Global burden of bacterial antimicrobial resistance in 2019. *The Lancet, 399*(10325), 629–655. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)02724-0
8. Noothuan, N., Apitanyasai, K., Panha, S., & Tassanakajon, A. (2021). Snail mucus exhibits different protein profile and biological activity. *BMC Research Notes, 14*, 138. https://doi.org/10.1186/s13104-021-05557-0
9. O'Brien, M. F., & Pellett, S. (2022). Diseases of gastropoda. *Frontiers in Immunology, 12*, 802920. https://doi.org/10.3389/fimmu.2021.802920
10. Pitt, S. J., Graham, M. A., Dedi, C. G., Taylor-Harris, P. M., & Gunn, A. (2015). Antimicrobial properties of mucus from *Helix aspersa*. *British Journal of Biomedical Science, 72*(4), 174–181. https://doi.org/10.1080/09674845.2015.11665749
11. Pitt, S. J., et al. (2019). Anti-*Pseudomonas aeruginosa* proteins in snail mucus. *British Journal of Biomedical Science, 76*(3), 129–136. https://doi.org/10.1080/09674845.2019.1603794
12. Porras, G., et al. (2021). Role of plant natural products in antibiotic discovery. *Chemical Reviews, 121*(6), 3495–3560. https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.0c00922
13. Suárez, L., et al. (2021). Antibacterial and antibiofilm activity of *Achatina fulica*. *Antibiotics, 10*(12), 1548. https://doi.org/10.3390/antibiotics10121548
14. Vassilev, N. G., et al. (2020). NMR metabolite profiling of *Helix aspersa* mucus. *Metabolites, 10*(9), 360. https://doi.org/10.3390/metabo10090360
15. Zhong, J., et al. (2013). Antimicrobial peptide from *Achatina fulica*. *Peptides, 39*, 1–5. https://doi.org/10.1016/j.peptides.2012.09.001
16. Hancock, R. E. W., & Sahl, H. G. (2006). Antimicrobial peptides and host defense. *Nature Biotechnology, 24*(12), 1551–1557. https://doi.org/10.1038/nbt1267
17. Zasloff, M. (2002). Antimicrobial peptides of multicellular organisms. *Nature, 415*, 389–395. https://doi.org/10.1038/415389a
18. Ventola, C. L. (2015). The antibiotic resistance crisis. *Pharmacy and Therapeutics, 40*(4), 277–283. https://doi.org/10.1002/psb.142
19. World Health Organization. (2020). Antimicrobial resistance. *WHO Report*. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)32506-3
20. Boman, H. G. (2003). Antibacterial peptides. *Journal of Internal Medicine, 254*(3), 197–215. https://doi.org/10.1046/j.1365-2796.2003.01202.x
21. Li, Y., Xiang, Q., Zhang, Q., Huang, Y., & Su, Z. (2012). Overview on antimicrobial peptides. *Current Protein & Peptide Science, 13*(7), 579–593. https://doi.org/10.2174/138920312803582960
22. Brogden, K. A. (2005). Antimicrobial peptides. *Nature Reviews Microbiology, 3*, 238–250. https://doi.org/10.1038/nrmicro1098
23. Mahlapuu, M., Håkansson, J., Ringstad, L., & Björn, C. (2016). Antimicrobial peptides. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology, 6*, 194. https://doi.org/10.3389/fcimb.2016.00194
24. Nguyen, L. T., Haney, E. F., & Vogel, H. J. (2011). Structure–function relationships of antimicrobial peptides. *Trends in Biotechnology, 29*(9), 464–472. https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2011.05.001
25. Wang, G. (2014). Antimicrobial peptides database. *Nucleic Acids Research, 42*, D1087–D1093. https://doi.org/10.1093/nar/gkt1121
26. Lei, J., Sun, L., Huang, S., Zhu, C., Li, P., He, J., Mackey, V., Coy, D. H., & He, Q. (2019). The antimicrobial peptides. *Signal Transduction and Targeted Therapy, 4*, 48. https://doi.org/10.1038/s41392-019-0075-6
27. Hirt, H., & Gorr, S. U. (2013). Antimicrobial peptide GL13K. *PLoS ONE, 8*(2), e57040. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0057040