

Kajian bakteri proteolitik yang diisolasi dari tubuh lalat hijau (*Chrysomya megacephala*)

Study of proteolytic bacteria isolated from the blowfly (*Chrysomya megacephala*)

Ernin Hidayati^{1*}, Ika Nurhimaya¹, Nisful Mahdi², Sarkono¹

¹⁾ Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mataram,
Jalan Majapahit No. 62 Mataram, Nusa Tenggara Barat, Indonesia - 83125

²⁾ Balai Laboratorium Kesehatan, Pengujian dan Kalibrasi,
Jalan Catur Warga No. 9 Mataram, Nusa Tenggara Barat, Indonesia – 83121

*Email: hidayatiernin@unram.ac.id

Diterima 24 Juli 2022

Disetujui 23 Desember 2022

INTISARI

Lalat hijau (*Chrysomya megacephala*) merupakan serangga yang memiliki peranan ekologis penting, salah satu diantaranya adalah sebagai dekomposer. Lalat hijau sering ditemukan berkerumun di sekitar makanan dan sampah yang mengandung protein tinggi. Hinggapnya lalat ini pada makanan perlu diwaspadai karena dapat mengakibatkan makanan lebih cepat rusak atau basi. Diduga bahwa bakteri yang ada pada tubuh lalat berperan dalam proses dekomposisi bahan makanan tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari bakteri proteolitik yang diisolasi dari tubuh lalat hijau. Sampel lalat hijau diambil dari tempat pembuangan sampah di Kebon Kongok, Lombok Barat, Indonesia. Sampel dimasukkan ke dalam *Brain Heart Infusion Broth*, selanjutnya bakteri yang terdapat pada tubuh lalat hijau diisolasi menggunakan *Nutrient Agar*. Aktivitas proteolitik isolat bakteri dideteksi dari terbentuknya zona bening pada medium *Skim Milk Agar* dengan metode totol dan difusi sumuran. Isolat bakteri kemudian dikarakterisasi melalui pengecatan Gram dan uji biokimia. Ditemukan sebanyak empat isolat bakteri proteolitik pada tubuh lalat hijau yaitu isolat LH1, LH2, LH3 dan LH4. Isolat LH2 menunjukkan aktivitas katalitik paling baik dengan rerata diameter zona bening sebesar 25,5 mm setelah inkubasi 48 jam pada suhu 37°C. LH2 merupakan Gram negatif berbentuk batang rantai pendek, bersifat motil dan aerob. Bakteri ini mampu memanfaatkan beberapa jenis gula seperti arabinosa, sukrosa, maltosa, dan manitol, mampu mengoksidasi asam amino triptofan serta mampu mengubah urea menjadi amonia. Hasil penelitian ini memberikan informasi bahwa, LH2 berkontribusi dalam proses dekomposisi. Selain itu, LH2 juga berpotensi sebagai patogen.

Kata kunci: dekomposer, protease, ureolitik, Lombok

ABSTRACT

Blowfly (*Chrysomya megacephala*) is an insect that has an important ecological role, one of which is as a decomposer. Blowfly is often found around food and garbage, especially those protein-rich. The perch of the blowfly on foods needs to be aware because it causes the material to spoil or stale faster. It is suspected that the bacteria present in the fly's body play a role in the material decomposition process. This research aims to study proteolytic bacteria isolated from the body of the blowfly. The sample of blowfly was taken from the dumping site at Kebon Kongok, West Lombok, Indonesia. The samples were placed into *Brain Heart Infusion Broth*. Bacteria from the body of the blowfly were isolated using *Nutrient Agar*. The proteolytic activity of the bacterial isolates was detected from the formation of a clear zone on the *Skim*

Milk Agar medium using the spot and well diffusion method. The isolates were characterized by using Gram staining and a series of biochemical tests. There were four isolates of proteolytic bacteria found in the body of the blowfly, namely LH1, LH2, LH3, and LH4. The LH2 showed the best catalytic activity with an average clear zone diameter of 25.5 mm after 24 hours of incubation at 37°C. LH2 is a Gram negative, rod-shaped and short chain, motile, and aerobic. Based on the biochemical test, LH2 is able to utilize several types of sugars such as arabinose, sucrose, maltose, and mannitol, able to oxidize the amino acid tryptophan, and able to convert urea into ammonia. The results of this study provide information that LH2 contributes to the decomposition process and also potential as a pathogen.

Keywords: decomposer, protease, ureolytic, Lombok

PENDAHULUAN

Chrysomya megacephala merupakan lalat hijau yang termasuk dalam Ordo Diptera dan famili Calliphoridae. Lalat hijau mempunyai fungsi ekologis penting yaitu sebagai konsumen, daur ulang dan penyebaran material (Arias-Robledo et al., 2019). Kehidupan lalat hijau berhubungan erat dengan manusia ditinjau dari sudut pandang kesehatan, industri makanan, daur ulang limbah organik industri, entomologi medis, dan investigasi kematian atau forensik (Badenhorst & Villet, 2018).

Hewan sering kali berasosiasi dengan mikroorganisme dalam menjalankan fungsi ekologisnya, baik dengan mikroorganisme pada bagian eksternal maupun internal tubuhnya. Bagian kaki dan sayap mempunyai keanekaragaman mikroorganisme paling tinggi. Bagian tubuh inilah yang merupakan jalur penting penyebaran mikroorganisme dari dan ke tubuh lalat. Analisis metagenome menunjukkan bahwa Proteobacteria ditemukan dominan pada tubuh lalat rumah dan lalat hijau. Genus yang terdeteksi adalah *Enterobacter*, *Escherichia*, *Klebsiella*, *Proteus*, *Morganella*, *Hafnia*, *Pseudomonas*, *Aeromonas*, *Acinetobacter*, *Providencia* dan *Serratia* (Junqueira et al., 2017). Berdasarkan genera bakteri tersebut, tampak bahwa lalat rumah dan lalat hijau mengandung bakteri dengan peranan yang beragam seperti bakteri pencemar, pembusuk, dan penyebab penyakit. Pada penelitian lain menunjukkan bahwa pada bagian luar tubuh lalat hijau dapat ditemukan bakteri penghasil senyawa antibakteri (Aprianti et al., 2020). Adapun pada bagian saluran pencernaannya ditemukan *Aeromonas veronii*

CMF dengan kemampuan proteolitik (Bhattacharjee et al., 2021). Jumlah dan jenis bakteri yang berasosiasi dengan lalat dapat dipengaruhi oleh perbedaan lokasi dan habitat lalat serta posisi keberadaan bakteri tersebut pada bagian tubuh internal atau eksternal (Monyama et al., 2021; Park et al., 2012). Hal ini disebabkan karena setiap lokasi mempunyai karakter fisik, kimia dan biologi yang berbeda. Tubuh hewan bagian dalam dan luar juga mempunyai perbedaan fisiologis dan adanya faktor pembatas lain.

Larva lalat hijau sering ditemukan pada sisa hewan yang terdekomposisi, beberapa diantaranya memakan jaringan hewan yang masih hidup, serta dapat memanfaatkan sumber-sumber alternatif seperti feses untuk bertahan hidup (Tomberlin et al., 2017). Lalat termasuk salah satu vektor pembawa bibit penyakit. Lalat hijau berkembang biak pada bahan cair atau semi cair yang berasal dari hewan, daging, ikan, bangkai, sampah hewan, dan tanah yang mengandung kotoran hewan (Menkes RI, 2017). Bahan makanan segar seringkali menjadi lebih cepat busuk jika dihindangi lalat hijau bahkan menyebabkan sakit jika dimakan. Bahan hewani umumnya kaya protein. Degradasi bahan berprotein dapat terjadi secara enzimatik karena aktivitas enzim protease. Diduga bahwa ada hubungan antara keberadaan bakteri proteolitik pada tubuh lalat hijau dengan proses dekomposisi bahan hewani.

Informasi mengenai keberadaan bakteri proteolitik pada tubuh lalat hijau masih sangat terbatas untuk menjelaskan antara peranan ekologis lalat hijau dan bakteri yang ada pada

tubuhnya. Oleh sebab itu, dilakukan penelitian dengan tujuan untuk mengisolasi, karakterisasi dan analisis kemampuan bakteri proteolitik yang ada pada tubuh lalat hijau yang hidup di tempat pembuangan sampah akhir Kebon Kongok Lombok Barat, Nusa Tenggara Barat. Hasil penelitian ini dapat dijadikan dasar untuk mengeksplorasi aspek lain dari lalat hijau dan bakteri yang ada pada tubuhnya. Karakter dan potensi enzim proteolitik yang bersumber dari bentuk-bentuk asosiatif bakteri dan hewan juga sangat menarik berkaitan dengan pemanfaatannya di bidang industri makanan, minuman, pakan, pembersih, dan lain-lain.

MATERI DAN METODE

Tempat dan waktu penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Maret - Juli 2021. Pengambilan sampel lalat hijau berlokasi di Lombok Barat. Uji proteolitik dan biokimia dilakukan di Balai Laboratorium Kesehatan, Pengujian dan Kalibrasi Mataram dan di Laboratorium Biologi Lanjut Fakultas MIPA Universitas Mataram.

Bahan dan alat

Media yang digunakan adalah Brain Heart Infusion Broth (Merck), Nutrient Agar (Merck), Nutrient Broth (Merck), dan Skim Milk Agar, media gula-gula, Triple Sugar Iron Agar (Merck), Sulfide Indole Motility (Oxoid), Simmon's Citrate (Oxoid), dan Urea Base Agar (Oxoid). Bahan utama yang digunakan antara lain pewarna Gram, reagen, NaCl fisiologis, akuades, dan alkohol. Alat utama yang digunakan adalah jaring ayun, botol sampel, pinset, autoklaf (Tomy SX-500), laminar air flow (Esco), stirer (Hwashin model : 250VM), inkubator (Memmert), cawan Petri, tabung reaksi, pipet volume, jarum inokulasi, dan mikroskop (ZEISS Primo Star).

Metode

Pengambilan sampel

Sampel lalat hijau (*C. megacephala*) diambil dari tempat pembuangan sampah akhir yang

berlokasi di Kebon Kongok Lombok Barat, NTB (-8.646949; 116.09217). Lalat ditangkap dengan jaring ayun. Sebanyak 18 lalat hijau yang berhasil ditangkap dengan segera dimasukkan ke dalam botol sampel steril dan dibawa ke laboratorium.

Isolasi bakteri dan pemurnian isolat

Sebanyak 4 sampel lalat hijau diambil secara acak dari botol koleksi, kemudian dimasukkan ke dalam tabung reaksi berisi 9 mL larutan *Brain Heart Infusion* (BHI) dan diinkubasi 24 jam pada suhu 37°C. Suspensi BHI diambil sebanyak 1 mL kemudian diencerkan. Sebanyak 1 mL suspensi diambil dari seri pengenceran 10^{-3} , 10^{-4} dan 10^{-5} , selanjutnya disebarkan pada *Nutrient Agar* dalam cawan petri. Pertumbuhan koloni diamati setelah inkubasi 24 jam pada suhu 37°C. Koloni yang tumbuh selanjutnya dimurnikan dengan cara gores kuadran (modifikasi dari Dolib et al., 2021; Maleki-Ravasan et al., 2020).

Analisis aktivitas proteolitik

Deteksi kemampuan proteolitik isolat dilakukan dengan cara menotol isolat pada medium *Skim Milk Agar* (*Nutrient Broth* 1%, *skim milk* 2,8 %, dan agar 2%) dalam cawan petri. Inkubasi dilakukan selama 48 jam pada suhu 37°C. Indeks proteolitik dihitung dengan cara mengukur diameter koloni dan diameter zona bening dari berbagai sisi pengukuran. Rerata diameter koloni kemudian ditambahkan dengan rerata diameter zona bening lalu dibagi dengan rerata diameter koloni. Isolat yang mampu mendegradasi protein ditandai dengan terbentuknya zona bening di sekitar koloni. Koloni yang mempunyai indeks proteolitik paling baik selanjutnya diuji kembali dengan metode difusi sumuran. Sumuran berdiameter 5 mm dibuat pada medium SMA dalam cawan petri. Sebanyak 150 μ L kultur cair isolat bakteri dimasukkan ke dalam sumuran kemudian diinkubasi pada suhu 37°C. Pengamatan dilakukan selama 48 jam dengan mengukur diameter zona bening yang terbentuk di sekeliling sumuran.

Karakterisasi sel dan fisiologis

Bakteri proteolitik dikarakterisasi melalui pengecatan Gram dan uji biokimia menggunakan media gula-gula, Triple Sugar Iron Agar (TSIA), Sulfide Indole Motility semi padat (SIM), urea, Simmon's Citrate, katalase dan oksidase.

Analisis data

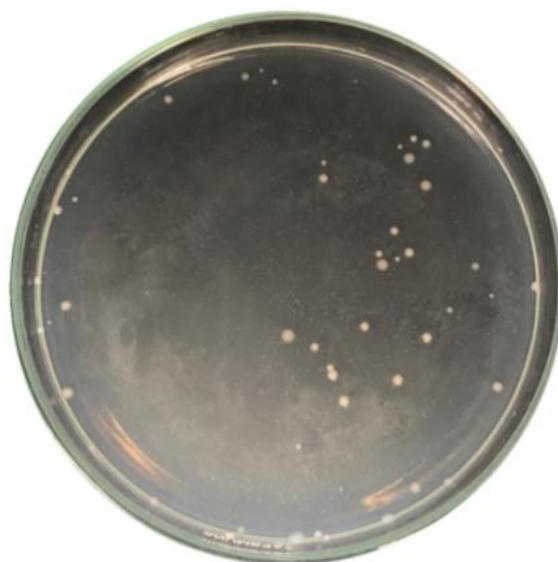
Data kuantitatif dan kualitatif disajikan dalam bentuk tabel dan gambar. Data kuantitatif berupa jumlah koloni bakteri, nilai indeks proteolitik, dan ukuran diameter zona bening. Adapun data kualitatif berupa hasil reaksi Gram dan biokimia. Data disajikan dalam bentuk tabel dan gambar kemudian dianalisis secara deskriptif.

HASIL

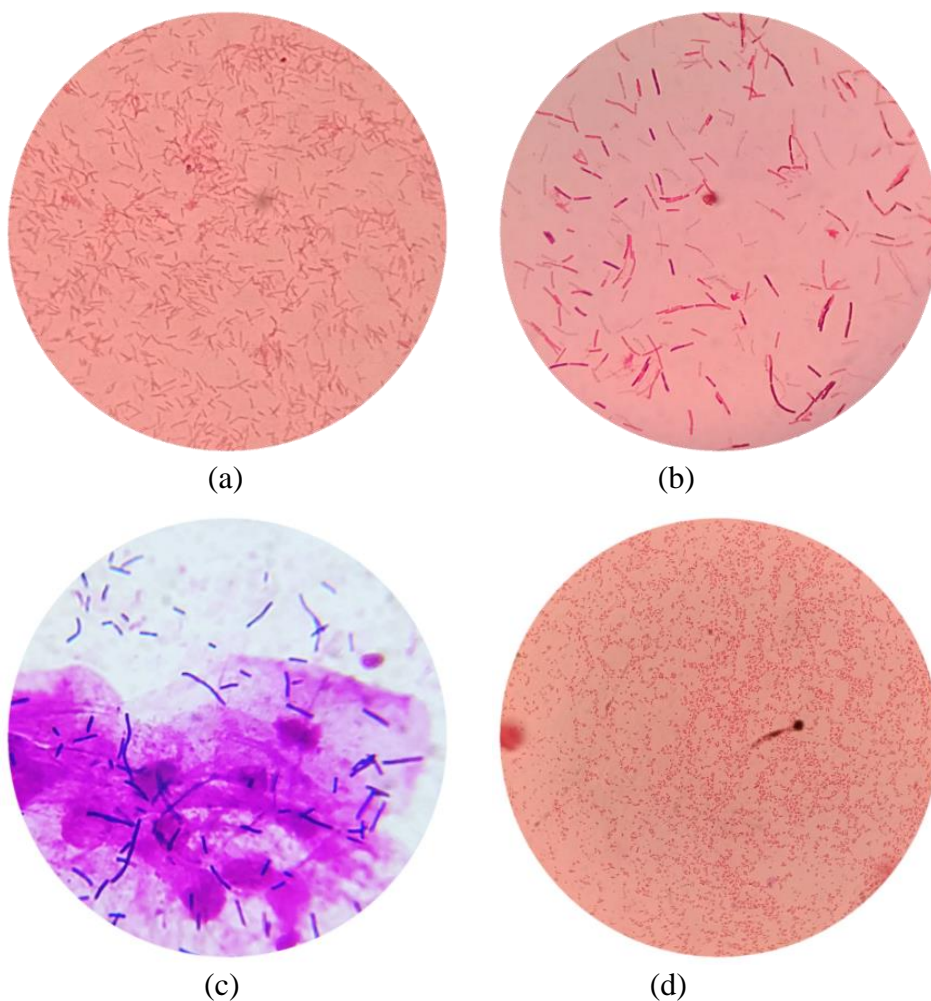
Sebanyak $5,5 \times 10^5$ CFU/mL bakteri dari tubuh lalat hijau berhasil tumbuh pada medium Nutrient Agar dengan rerata diameter koloni mencapai 4 mm setelah inkubasi 24 jam. Koloni dominan mempunyai warna putih susu, pinggiran rata, tepian halus dengan elevasi cembung. Beberapa koloni lainnya berwarna putih kekuningan, pinggiran rata, tepian halus dan elevasi cembung (Gambar 1). Berdasarkan pertumbuhan pada

medium SMA, empat isolat terdeteksi mempunyai kemampuan proteolitik yang ditandai dengan terbentuknya zona bening di sekitar koloni. Isolat tersebut adalah LH1, LH2, LH3, dan LH4. Hasil pengecatan Gram menunjukkan bahwa LH2 adalah Gram negatif berbentuk batang dengan formasi rantai pendek (Gambar 2). Kemampuan proteolitik paling baik dimiliki oleh isolat LH2 dengan rerata indeks proteolitik 0,5 (Gambar 3a). Kemampuan proteolitik isolat LH2 dilanjutkan dengan metode sumuran. Rerata zona bening yang terbentuk setelah 48 jam adalah 25,5 mm (Gambar 3b).

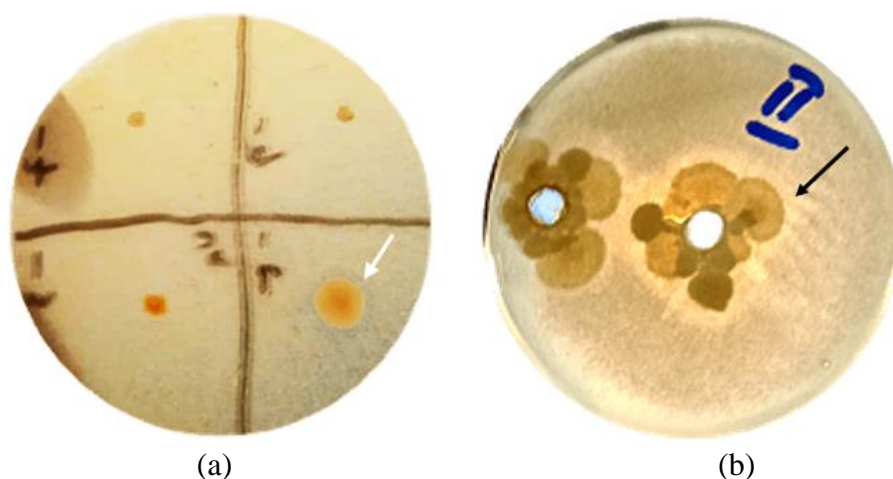
Pada Tabel 1 terlihat bahwa LH2 mempunyai kemampuannya yang variatif dalam memanfaatkan sumber karbon seperti arabinosa, sukrosa, maltosa, dan manitol, tetapi tidak mampu menggunakan laktosa, glukosa dan dulcitol. Uji TSIA dan *Simmon's Citrate* menunjukkan hasil negatif. Adapun uji SIM menunjukkan bahwa LH2 bersifat motil dan mampu membentuk indol (Gambar 4a) serta mampu menggunakan urea (Gambar 4b). Hasil uji katalase dan oksidase juga menunjukkan reaksi positif (Gambar 4c dan 4d).



Gambar 1. Morfologi koloni bakteri dari tubuh lalat hijau (*Chrysomya megacephala*) yang tumbuh pada Nutrient Agar.



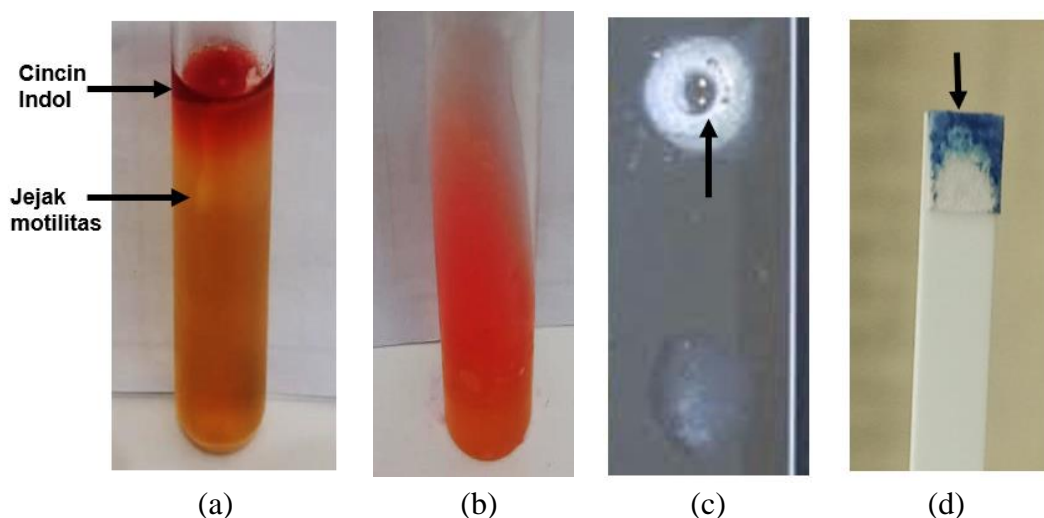
Gambar 2. Penampakan sel bakteri pada perbesaran 1000x. (a) LH1 merupakan Gram negatif berbentuk batang berantai. (b) LH2 merupakan Gram negatif batang rantai pendek. (c) LH3 merupakan Gram positif batang. (d) LH4 merupakan Gram negatif batang pendek.



Gambar 3. Aktivitas proteolitik isolat bakteri LH2 pada medium Skim Milk Agar setelah inkubasi 48 jam pada suhu 37°C. Zona bening (tanda panah) yang terbentuk dengan metode (a) total agar dan (b) difusi sumuran.

Tabel 1. Karakter fisiologis dan motilitas bakteri LH2 berdasarkan hasil uji biokimia

No	Jenis Uji	Hasil Reaksi
1.	Laktosa	-
2.	Glukosa	-
3.	Arabinosa	+/-
4.	Dulsitol	-
5.	Sukrosa	+/-
6.	Maltosa	+/-
7.	Manitol	+/-
8.	Triple Sugar Iron Agar (TSIA)	
	Lereng	-
	Dalam	-
	Sulfur	-
9.	Sulfide Indole Motility (SIM)	
	Sulfur	-
	Indol	+
	Motilitas	+
10.	Urease	+
11.	Simmon's Citrate	-
12.	Katalase	+
13.	Oksidase	+
10.	Urease	+



Gambar 4. Hasil reaksi biokimia isolat bakteri LH2. (a) Indol positif ditunjukkan oleh terbentuknya cincin indol (tanda panah) setelah penambahan reagen Kovacs. Motilitas positif ditunjukkan oleh terbentuknya jejak arah pergerakan pertumbuhan bakteri yang menyebar dari bekas tusukan (tanda panah). (b) Urease positif ditunjukkan oleh warna medium yang berubah menjadi merah muda. (c) Katalase positif ditandai dengan terbentuknya gelembung udara (tanda panah). (d) Oksidase positif ditandai dengan warna apusan sel yang berubah menjadi ungu (tanda panah) setelah ditetesi reagen oksidase.

PEMBAHASAN

LH2 merupakan salah satu isolat bakteri motil Gram negatif yang ditemukan berasosiasi dengan lalat hijau (*C. megacephala*) yang hidup di tempat pembuangan sampah akhir Kebon Kongok Lombok Barat, NTB. Bakteri ini mempunyai kemampuan mendegradasi protein. Kemampuan proteolitik tersebut ditunjukkan oleh terbentuknya zona bening pada medium SMA baik dengan metode totol agar maupun metode difusi sumuran (Gambar 3). Zona bening terbentuk karena adanya degradasi atau pemecahan protein pada medium SMA menjadi oligopeptida dan asam amino. Degradasi protein tersebut disebabkan oleh aktivitas enzim protease yang dihasilkan oleh isolat LH2. Bakteri ini juga terindikasi menghasilkan enzim triptofanase yang ditunjukkan oleh uji indol positif (Tabel 1) yang ditandai dengan terbentuknya cincin indol dari reaksi oksidasi asam amino triptofan (Gambar 4a). Hal ini menunjukkan bahwa LH2 dapat memanfaatkan protein yang kaya triptofan untuk memenuhi kebutuhan nutrisinya.

Protease ditemukan pada bakteri Gram positif maupun Gram negatif. Bakteri heterotrof menghasilkan enzim protease ekstraseluler untuk memenuhi kebutuhan protein untuk dirinya sendiri maupun untuk mikroorganisme lain yang tidak dapat menghasilkan protease ekstraseluler. Selain untuk kebutuhan nutrisi, protease ekstraseluler juga digunakan oleh bakteri untuk menginfeksi inangnya. Pada skala yang lebih luas, protease yang dihasilkan bakteri telah diaplikasikan di bidang medis, industri, dan bioteknologi (Zhang et al., 2020). Seperti enzim pada umumnya, produksi protease juga dipengaruhi oleh pH, suhu, dan jenis media. Kondisi optimum yang diperlukan untuk produksi dan aktivitas protease tergantung pada sifat bakteri dan enzim yang dihasilkannya. Seperti yang dipelajari oleh Sepahy & Jabalameli (2011) terhadap protease termoalkalin dari *Bacillus* sp. Strain CR-179 pada kultur cair menunjukkan bahwa produksi maksimal terjadi pada saat 24 jam inkubasi pada kondisi pH 8,0 dan suhu 45°C. Substrat terbaik untuk produksi enzim ini adalah

pati dan maltosa. Adapun gula murni seperti fruktosa, glukosa, dan sukrosa tidak berpengaruh terhadap produksi protease tersebut.

Selain mampu memanfaatkan sumber karbon berupa protein, LH2 juga kadang mampu memanfaatkan sumber nutrisi berbasis gula arabinosa, sukrosa, maltosa, dan manitol. Hal ini ditunjukkan dari sebagian besar ulangan hasil uji biokimia arabinosa, sukrosa, maltosa, dan manitol menunjukkan reaksi positif (Tabel 1). Jenis gula tersebut umum ditemukan pada buah dan sayur. Arabinosa banyak terdapat pada bahan makanan kelompok kacang-kacangan dan biji-bijian, juga pada buah dan sayur (Castillo et al., 2022).

Hasil uji urea positif (Tabel 1) mengindikasikan bahwa LH2 tergolong bakteri ureolitik karena mampu menghasilkan enzim urease. Adanya urease ini membantu LH2 untuk mengubah urea menjadi amonia yang ditandai dengan perubahan warna medium Urea Base Agar yang semula kuning menjadi merah muda (Gambar 4b). Mikroorganisme ureolitik dapat ditemukan di tanah, air dan pada tubuh hewan dan manusia (Mobley & Hausinger, 1989). Bakteri ureolitik bersimbiosis secara alami pada tumbuh organisme sebagai mikroflora. Pada bakteri patogen, urease merupakan faktor virulensi esensial sebagai penyebab berbagai jenis penyakit (Konieczna et al., 2012).

Bakteri LH2 bersifat aerob ditandai dengan hasil uji katalase dan oksidase yang positif (Tabel 1, Gambar 4c dan 4d). Katalase merupakan enzim yang mengkatalis perubahan hidrogen peroksida menjadi air dan gas oksigen, sedangkan sitokrom oksidase merupakan enzim yang berperan dalam rantai respirasi. Hidrogen peroksida (H_2O_2) merupakan salah satu *reactive oxygen species* yang terbentuk selama proses respirasi aerob. Hidrogen peroksida mengakibatkan sel mengalami cekaman oksidatif dan dapat merusak sel jika tidak diuraikan. Katalase juga berperan dalam berbagai proses seluler seperti perkembangan, diferensiasi, dan produksi metabolit (Yuan et al., 2021).

Peranan ekologis lalat hijau sebagai dekomposer material berbau protein diperkirakan dibantu oleh bakteri LH2 yang ada pada tubuhnya. Material lain seperti buah, sayur dan biji-bijian juga rentan terdekomposisi lebih cepat setelah dihindangi oleh lalat hijau yang membawa bakteri LH2 pada tubuhnya. Sifat ureolitik yang ditunjukkan oleh LH2 dapat menjadi indikasi bahwa bakteri ini berpotensi sebagai patogen, sehingga lalat hijau juga sekaligus dapat berperan sebagai vektor penyebar bakteri patogen.

SIMPULAN

Terdapat bakteri proteolitik pada tubuh lalat hijau (*C. megacephala*) yang hidup di tempat pembuangan sampah Kebon Kongok Lombok Barat. Isolat LH2 mempunyai kemampuan proteolitik paling baik dengan rerata diameter zona bening sebesar 25.5 mm setelah inkubasi 48 jam pada suhu 37°C. LH2 merupakan bakteri Gram negatif berbentuk batang rantai pendek, bersifat motil dan aerob. Bakteri ini mampu memanfaatkan beberapa jenis gula seperti arabinosa, sukrosa, maltosa, dan manitol, mampu mengoksidasi asam amino triptofan, serta mampu mengubah urea menjadi amonia.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami ucapkan untuk Balai Laboratorium Kesehatan, Pengujian dan Kalibrasi Mataram dan Laboratorium Biologi Lanjut Fakultas MIPA Universitas Mataram yang telah memfasilitasi penelitian ini. Ucapan terima kasih juga kami sampaikan kepada Bapak Dr. Faturrahman dan Ibu Dr. Nur Indah Julisaniah atas bantuannya selama penelitian.

KEPUSTAKAAN

Aprianti ATD, Hidayati E, Faturrahman, Jupri A. 2020. Kemampuan antibakteri dari isolat bakteri pada tubuh lalat hijau (*Chrysomya megacephala*) asal tempat pembuangan sampah akhir (TPA) Kebon Kongok, Lombok Barat. *Bioma* **5(1)**: 79-87.

- Arias-Robledo G, Stevens JR, Wall R. 2019. Spatial and temporal habitat partitioning by calliphorid blowflies. *Med. Vet. Entomol.* **33(2)**: 228-237.
- Badenhorst R, Villet MH. 2018. The uses of *Chrysomya megacephala* (Fabricius, 1794) (Diptera: Calliphoridae) in forensic entomology. *Forensic Sci. Res.* **3(1)**: 2-15.
- Bhattacharjee R, Mandal S, Banerjee S, Saha KK, Sarkar J, Banerjee D, Mandal NC. 2021. Structural-genetic insight and optimization of protease production from a novel strain of *Aeromonas veronii* CMF, a gut isolate of *Chrysomya megacephala*. *Arch. Microbiol.* **203**: 2961-2977.
- Castillo JJ, Couture G, Bacalzo NP, Chen Y, Chin EL, Blecksmith SE, Bouzid YY, Vainberg Y, Masarweh C, Zhou Q. 2022. The Development of the Davis Food Glyclopedia - A Glycan encyclopedia of food. *Nutrients* **14**, 1639.
- Dolib MK, Mustafa MO, El Hussein ARM, Elkhidir IM, Enan KA. 2021. Bacterial and rotavirus contaminations of adult house flies (*Musca domestica*), captured from Khartoum State, Sudan. *Int. J. Biotech. & Bioeng.* **7(2)**: 53-56.
- Junqueira ACM, Ratan A, Acerbi E, Drautz-Moses DI, Premkrishnan BNV, Costea PI, Linz B, Purbojati RW, Paulo DF, Gaultier NE, Subramanian P, Hasan NA, Colwell RR, Bork P, Azeredo-Espin ALM, Bryant DA, Schuster SC. 2017. The microbiomes of blowflies and houseflies as bacterial transmission reservoirs. *Scientific Reports* **7**: 16324.
- Konieczna I, Zarnowiec P, Kwinkowski M, Kolesinska B, Fraczyk J, Kaminski Z, Kaca W. 2012. Bacterial Urease and its role in long-lasting human diseases. *Curr. Protein Pept. Sci.* **13**: 789-806.
- Maleki-Ravasan N, Ahmadi N, Soroush-zadeh Z, Raz AA, Zakeri S, Djadid ND. 2020. New insights into culturable and unculturable bacteria across the life history of medicinal maggots *Lucilia sericata* (Meigen) (Diptera: Calliphoridae). *Front. Microbiol.* **11(505)**.
- Menkes RI. 2017. Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan Dan Persyaratan Kesehatan Untuk Vektor Dan Binatang Pembawa

- Penyakit Serta Pengendaliannya. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 50 Tahun 2017: 36-37.
- Mobley RLT, Hausinger RP. 1989. Microbial Ureases: Significance, regulation, and molecular characterization. *Microbiol. Rev.* **53(1)**: 85-108.
- Monyama MC, Onyiche ET, Taioe MO, Nkhebenyane JS, Thekiso OMM. 2022. Bacterial pathogens identified from houseflies in different human and animal settings: A systematic review and meta-analysis. *Vet. Med. Sci.* **8**: 827-844.
- Park R, Dzialo MC, Spaepen S, Nsabimana D, Gielens G, Devriese H, Crauwels S, Tito RY, Raes J, Lievens B, Verstrepen KJ. 2019. Microbial communities of the house fly *Musca domestica* vary with geographical location and habitat. *Microbiome* **7**:147
- Sepahy AA, Jabalameli L. 2011. Effect of culture conditions on the production of an extracellular protease by *Bacillus* sp. isolated from soil sample of Lavizan Jungle Park. *Enzyme Res.*
- Tomberlin JK, Crippen TL, Tarone AM, Chaudhury MFB, Singh B, Cammack JA, Meisel RP. 2017. A Review of bacterial interactions with blow flies (Diptera: Calliphoridae) of medical, veterinary, and forensic importance. *Ann. Entomol. Soc. Am.* **110(1)**: 19-36.
- Yuan F, Yin S, Xu Y, Xiang L, Wang H, Li Z, Fan K, Pan G. 2021. The Richness and diversity of catalases in bacteria. *Front. Microbiol.* **12**: 645477.
- Zhang Y-Z, Zhang W-X, Chen X-L. 2020. Mechanisms for induction of microbial extracellular proteases in response to exterior proteins. *Appl. Environ. Microbiol.* **86**: e01036-20.