

Karakterisasi Bakteri Asosiasi Sedimen Teluk Awur, Jepara Kandidat Penghasil Antibakteri dan Enzim

Nadya Sekar Khoirunnisa*, Delianis Pringgenies, Sri Sedjati

Departemen Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Jacub Rais, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah 50275 Indonesia
Corresponding author, e-mail : nadyaasekarr14@gmail.com

ABSTRAK: Keanekaragaman mikroorganisme yang berasal dari sedimen laut di Indonesia berpotensi dalam menghasilkan senyawa metabolit sekunder serta enzim yang memiliki nilai aplikatif dalam perkembangan bioteknologi industri. Tujuan dari penelitian ini adalah mencari isolat bakteri yang mampu melawan patogen dalam uji antibakteri dan kemampuannya dalam memproduksi enzim protease, lipase dan amilase. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah deskriptif eksploratif dengan tahapan penelitian meliputi isolasi bakteri, karakterisasi makroskopis dan mikroskopis, uji aktivitas antibakteri dengan metode agar plug, uji enzim yang meliputi protease, amilase dan lipase. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat 6 isolat bakteri yang berhasil diisolasi dan memiliki karakteristik morfologi serta potensi produksi metabolit sekunder dan enzim yang berbeda pada setiap isolatnya. Uji antibakteri memperlihatkan bahwa isolat S2. T4. 1b (B), S2. T4. 3a (F), S2. T4. 3b (G), S2. T4. 2c (H) dan S2. T4. 1a (K) aktif terhadap *Staphylococcus aureus*, sementara isolat S2. T4. 1b (B) dan S2. T4. 3a (F) hanya aktif terhadap *Escherichia coli*. Uji enzimatik yang dilakukan memperlihatkan bahwa isolat dengan kode S2. T4. 2c (H) dan S2. T4. 1a (K) memiliki aktivitas enzimatik protease, lipase dan amilase. Hal tersebut ditunjukkan dengan adanya zona bening yang terlihat ketika media uji ditambahkan dengan substrat enzim sesuai dengan enzim yang diujikan. Berdasarkan hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa isolat S2. T4. 1a (K) memiliki aktivitas enzim amilolitik, proteolitik dan lipolitik yang mana mengindikasikan potensinya dalam bidang industri pangan dengan memerlukan uji lanjutan lainnya.

Kata kunci: Amilase; Antibakteri; Patogen; Lipase; Protease

Characterization of Bacteria Associated with Sediment in Teluk Awur, Jepara, Candidates for Antibacterial and Enzyme Production

ABSTRACT: The diversity of microorganisms originating from marine sediments in Indonesia has the potential to produce secondary metabolite compounds and enzymes that have application value in the development of industrial biotechnology. The purpose of this study was to find bacterial isolates that are able to fight pathogens in antibacterial tests and their ability to produce protease, lipase, and amylase enzymes. The method used in this study is descriptive exploratory with research stages including bacterial isolation, macroscopic and microscopic characterization, antibacterial activity tests using the agar plug method, enzyme tests including protease, amylase, and lipase. The results showed that there were 6 bacterial isolates that were successfully isolated and had different morphological characteristics and the potential for secondary metabolite and enzyme production in each isolate. Antibacterial tests showed that isolates S2. T4. 1b (B), S2. T4. 3a (F), S2. T4. 3b (G), S2. T4. 2c (H) and S2. T4. 1a (K) were active against *Staphylococcus aureus*, while isolates S2. T4. 1b (B) and S2. T4. 3a (F) is only active against *Escherichia coli*. The enzymatic tests conducted showed that isolates with codes S2. T4. 2c (H) and S2. T4. 1a (K) have protease, lipase, and amylase enzyme activities. This is indicated by the presence of a clear zone that appears when the test medium is added with an enzyme substrate according to the enzyme being tested. Based on the results obtained, it shows that isolate S2. T4. 1a (K) has amylolytic, proteolytic, and lipolytic enzyme activities indicating its potential in the food industry, which requires further testing.

Keywords: Amylase; Antibacterial; Pathogens; Lipase; Protease

PENDAHULUAN

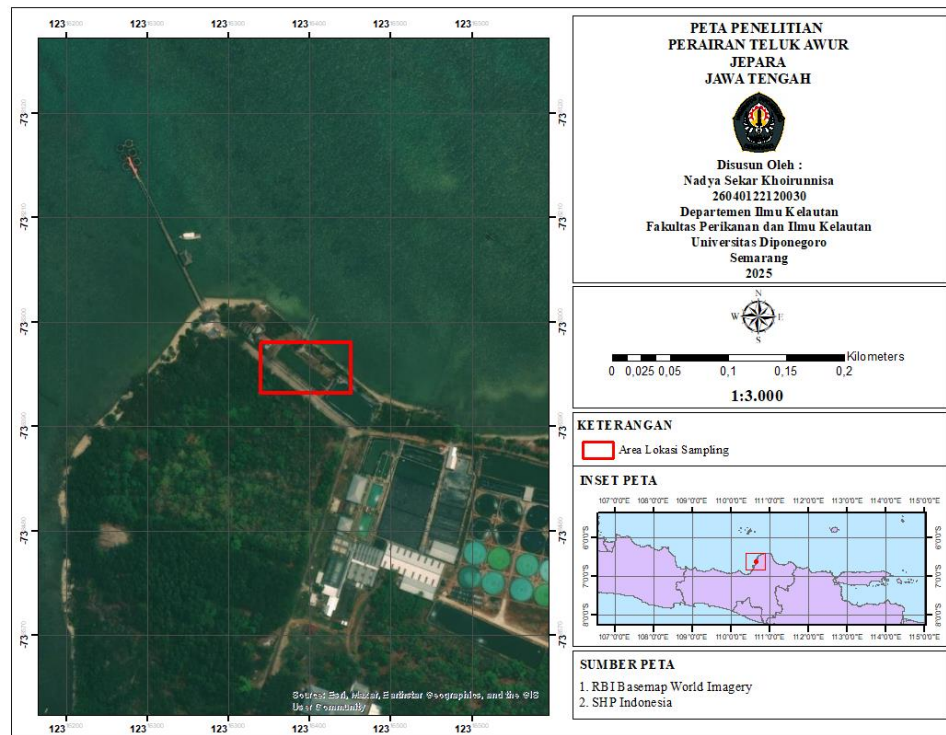
Indonesia dikenal memiliki keanekaragaman hayati laut yang melimpah, tidak hanya yang berasal dari biota yang hidup dikolom air, tetapi juga berasal dari sedimen yang berperan sebagai substrat bagi kehidupan organisme perairan. Sedimen mengandung bahan organik terlarut yang berasal dari sisa- sisa metabolisme organisme, material organik yang berasal dari daratan, dan jasad renik dari organisme yang telah mati yang mengendap didasar perairan (Jamaludin *et al.*, 2021). Sedimen yang berada didasar perairan juga mengandung kumpulan karbon terbesar yang ada di dunia, dimana sedimen memiliki peranan penting sebagai substrat atau habitat untuk mahluk hidup yang ada di dasar perairan, sebagai penentu karakteristik gelombang dan berperan terhadap siklus karbon yang terjadi di dasar perairan (Ningsih *et al.*, 2021). Secara global, sedimen menutupi dua pertiga permukaan bumi dan menjadi habitat utama bagi berbagai mikroorganisme laut (Baker *et al.*, 2021). Lingkungan laut yang ekstrem menjadikan sedimen menjadi salah satu sumber potensial untuk bioprospeksi, khususnya dalam menemukan senyawa bioaktif baru yang memiliki nilai komersial tinggi (Daryono *et al.*, 2025).

Penelitian yang ada sebelumnya menunjukkan bahwa mikroorganisme yang hidup pada sedimen memiliki kemampuan dalam menghasilkan senyawa metabolit sekunder dengan hasil berupa aktivitas antibakteri atau antimikroba. Mikroorganisme ini juga memiliki peranan penting dalam melakukan siklus biogeokimia global melalui proses dekomposisi dan transformasi unsur hara (Bradley *et al.*, 2022), tidak hanya berperan dalam siklus biogeokimia, mikroorganisme yang terdapat dalam sedimen disuatu perairan juga dapat beradaptasi dilingkungan laut yang ekstrem, dimana mikroorganisme tersebut dapat menjaga kelangsungan hidupnya sendiri, bahkan mempertahankan jaring kehidupan dilingkungan laut. Adanya mikroorganisme tersebut bukan hanya untuk memperbaiki lingkungan dan ekosistem laut namun juga memiliki peranan dalam pengembangan industri obat-obatan, pangan dan pertanian (Ghosh *et al.*, 2022). Proses metabolit sekunder yang terjadi didalam tubuhnya juga dapat memberikan peluang yang berfungsi sebagai aktivitas biologis seperti antikanker, antivirus, antioksidan, antiinflamasi dan antibakteri. Selain memiliki kemampuan dalam menghasilkan metabolit sekunder, banyak diantaranya juga diketahui dapat memproduksi enzim ekstraseluler seperti lipase, amilase dan protease yang berperan dalam berbagai bidang industri, termasuk pangan, farmasi dan bioteknologi (Anggorowati *et al.*, 2019; Adelita *et al.*, 2019).

Namun, dari berbagai penelitian yang membuktikan mikroorganisme asal sedimen khususnya yang berasal dari perairan Teluk Awur, Jepara masih sangat terbatas. Sebagian besar penelitian yang dilakukan berasal dari eksplorasi bioprospeksi laut Indonesia yang masih berfokus pada organisme seperti karang, spons dan rumput laut. Sedangkan potensi yang dihasilkan dari mikroorganisme yang terdapat dalam sedimen sebagai sumber senyawa bioaktif dan enzim belum banyak diuji dan dikaji (Bech *et al.*, 2020). Hingga saat ini penelitian mengenai potensi mikroba penghasil antibakteri dan enzimatis pada mikroorganisme sedimen masih terbatas, dikarenakan kurangnya informasi dan data penelitian yang tersedia. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengungkap potensi bakteri asal sedimen Teluk Awur, Jepara sebagai penghasil senyawa antibakteri dan enzim yang berpotensi dikembangkan dalam bidang bioteknologi kelautan.

MATERI DAN METODE

Materi dalam penelitian ini menggunakan sampel sedimen yang berasal dari tambak Perairan Teluk Awur, Jepara yang diambil pada 5 Juli 2024. Metode yang digunakan dalam penelitian ini berdasarkan metode deskriptif eksploratif, dimana metode tersebut menganalisis data yang telah dikumpulkan dan dideskripsikan secara lengkap (Sugiyono, 2013). Pengambilan sampel sedimen dilakukan dengan menggunakan *purposive sampling* pada satu stasiun yaitu lokasi tambak disekitar *Marine Science and Techno Park* (MSTP), Jepara. Peta lokasi pengambilan sampel dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Lokasi Pengambilan Sampel

Prosedur pengerjaan sampel dilakukan dengan urutan isolasi sampel, purifikasi, pengamatan sampel secara mikroskopis dan makroskopis uji antibakteri dan uji enzimatis. Sampel sedimen diambil dengan menggunakan alat sederhana seperti sekop dan dimasukkan ke dalam plastik *ziplock* yang diberikan keterangan lokasi dan disimpan dalam *coolbox* untuk diamati di laboratorium. Sampel sedimen yang didapatkan di area tambak diberikan kode S2 sebagai kode awal untuk keterangan pada proses isolasi. Parameter perairan dilakukan dengan mengukur suhu, pH, salinitas dan DO.

Sampel sedimen yang dibawa ke laboratorium kemudian dilakukan sterilisasi dengan menggunakan alkohol 70% untuk mengurangi kontaminan. Sampel dilakukan pengenceran bertingkat (10^1 10^2 10^3 10^4 10^5 10^6), dengan tujuan mengurangi jumlah koloni bakteri yang akan tumbuh pada saat isolasi (Laili *et al.*, 2022). Media *Nutrient Agar* (NA) digunakan sebagai media umum untuk pertumbuhan bakteri (Manalu dan Pardosi, 2022) dan ditambahkan dengan *nystatin* 0,1% untuk mencegah pertumbuhan jamur saat isolasi bakteri (Wulansari *et al.*, 2019). Isolat bakteri yang tumbuh pada saat isolasi kemudian dilakukan purifikasi untuk memperoleh koloni murni dan dapat dilakukan identifikasi secara makroskopis dan mikroskopis dengan melakukan pewarnaan gram bakteri (Widyasari dan Azizah, 2025). Tahapan selanjutnya dalam penelitian ini adalah melakukan skrining antibakteri yang mengacu pada metode (Widayat *et al.*, 2024) dengan menggunakan metode *agar plug*, dimana penentuan isolat potensial adalah yang menunjukkan aktivitas antibakteri atau dilihat dengan adanya zona hambat yang terbentuk pada patogen yang digunakan, yaitu *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. Isolat bakteri yang telah diskriminasi dilanjutkan dengan diuji kemampuan enzim dengan mengujikan enzim protease dengan menggunakan *skim milk* 1% (Remijawa *et al.*, 2020), enzim lipase dengan menggunakan *tween* 80 1% dan enzim amilase dengan menggunakan pati atau amilum 1% (Wibowo *et al.*, 2022). Masing-masing uji enzim tersebut menggunakan media *Zobel Marine Agar* (ZMA) dengan waktu pengamatan 2×24 jam. Zona hambat yang terbentuk pada uji enzimatis, kemudian diukur dan

dihitung indeks enzimatis yang mengacu pada metode Rosa *et al.* (2020),

$$\text{Indeks Enzimatis} = \frac{\text{Diameter Zona Bening} - \text{Diameter Koloni}}{\text{Diameter Koloni}}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan terdapat 5 isolat bakteri yang berhasil diisolasi dari sedimen tambak di perairan Teluk Awur, Jepara. Hasil isolasi bakteri kemudian dilakukan pemisahan atau pemurnian dengan cara memisahkan koloni bakteri yang tumbuh dengan menggunakan metode *streak* kuadran. Pemurnian atau purifikasi bakteri dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan koloni bakteri yang lebih murni untuk memudahkan dalam mengidentifikasi secara makroskopis dan mikroskopis (Afifah dan Retraningrum, 2023). Identifikasi makroskopis dilakukan dengan mengamati koloni yang tumbuh pada saat isolat bakteri sudah menjadi koloni murni yang dihasilkan dari proses purifikasi. Koloni bakteri yang tumbuh diamati warna, bentuk, pinggiran dan elevasinya yang kemudian disajikan dalam Tabel 1.

Pengamatan morfologi atau karakterisasi makroskopis dilakukan jika hasil purifikasi isolat sudah murni, hal tersebut tentunya agar memudahkan pengamatan bakteri yang dilakukan. Keanekaragaman yang dihasilkan oleh masing-masing isolat bakteri seperti warna dan bentuk disebabkan oleh masing-masing pigmen yang dimiliki oleh bakteri dan jenis bakteri yang berbeda disetiap isolatnya (Azman *et al.*, 2018), dimana pigmen yang dimiliki oleh bakteri memiliki biodegradabilitas yang lebih baik dan kompatibilitas yang lebih tinggi dengan lingkungan. Bakteri yang menghasilkan pigmen tidak hanya bersumber dari laut, tetapi juga dapat ditemukan dilingkungan ekstrem seperti gurun dan daerah yang memiliki salinitas tinggi. Pigmen yang berbeda setiap bakteri juga memiliki fungsi tersendiri yaitu digunakan oleh bakteri sebagai bentuk pertahanan dan perlindungan terhadap radiasi ultraviolet, suhu yang ekstrem bahkan mampu membantu bakteri untuk mendapatkan energi melalui proses fotosintesis. Penggunaan media juga mempengaruhi pertumbuhan bakteri. Media yang memiliki banyak nutrisi dan memiliki komposisi yang kompleks akan membantu pertumbuhan bakteri menjadi lebih optimal (Maisaroh *et al.*, 2024).

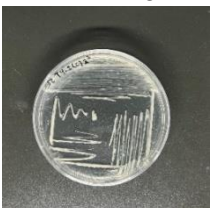
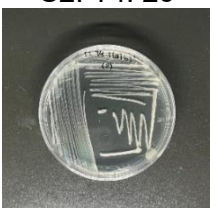
Isolat bakteri yang telah dilakukan identifikasi makroskopis juga dilakukan identifikasi secara mikroskopis untuk mengetahui sifat masing-masing bakteri. Hasil identifikasi mikroskopis bakteri disajikan dalam Tabel 2. Pewarnaan gram bakteri dilakukan untuk mengetahui bakteri secara sifat, bentuk dan struktur dalam seperti dinding sel dan vakuola (Scania dan Ningsih, 2023). Pewarnaan gram bakteri dilakukan dengan menggunakan 4 pewarna (*crystal violet*, lugol, aseton, safranin) (Azizah, 2025). Hasil identifikasi mikroskopis menunjukkan bahwa dari ke lima isolat bakteri menunjukkan sifat gram positif yang ditandai dengan selnya yang berwarna ungu. Warna ungu yang dihasilkan pada saat pengamatan disebabkan oleh bakteri yang memiliki lapisan dinding sel yang tebal, sehingga sel bakteri mempertahankan warna dari *crystal violet* meski sudah dibilas dengan alkohol atau aseton (Hamidah *et al.*, 2019), hal ini disebabkan karena zat penghilang warna (alkohol) akan mengdehidrasi lapisan peptidoglikan yang tebal dan dalam keadaan tersebut dinding sel bakteri gram positif akan berperan sebagai permeabilitas, dimana ia akan mempertahankan *crystal violet*.

Tahapan selanjutnya adalah dengan melakukan skrining uji antibakteri dengan menggunakan metode *agar plug* terhadap bakteri patogen *S.aureus* dan *E.coli*. Skrining antibakteri menunjukkan 5 isolat yang aktif pada patogen *E.coli* yaitu, S2. T4. 1b (B), S2. T4. 2b (F), S2. T4. 3a (G), S2. T4. 3b (H), S2. T4. 1a (K). Sedangkan hanya terdapat 2 isolat yang aktif terhadap *S.aureus* yaitu, S2. T4. 1b (B) dan S2. T4. 2b (F).

Skrining antibakteri dilakukan untuk memperoleh isolat yang memiliki potensi dalam melawan bakteri patogen yang digunakan. Kemampuan isolat bakteri juga dapat dilihat dari zona bening yang lebih banyak dihasilkan dengan menggunakan bakteri uji *E.coli* yang disajikan dalam Tabel 3. Rompas *et al.* (2022), menyebutkan dalam penelitiannya bahwa *E.coli* merupakan bakteri gram negatif, dimana memiliki lapisan dinding sel yang lebih tipis, sehingga senyawa metabolit sekunder yang dihasilkan oleh isolat bakteri asosiasi akan lebih mudah untuk menembus dan masuk dalam dinding sel bakteri gram negatif dan lebih mudah melawan lapisan dinding sel hingga terbentuk zona bening. Berbeda halnya dengan *S.aureus* (bakteri gram positif) yang memiliki dinding sel lebih tebal dan kaku, sehingga senyawa metabolit sekunder yang dihasilkan oleh isolat bakteri asosiasi kurang mampu untuk menembus lapisan dinding sel bakteri gram positif yang lebih tebal dan kaku.

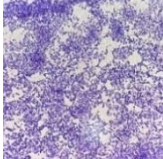
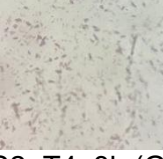
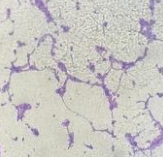
Potensi isolat bakteri dalam menghasilkan zona bening pada skrining antibakteri memberikan peluang lain bagi bakteri tersebut dalam menghasilkan senyawa yang berkaitan dengan enzim, dimana enzim juga berperan dalam suatu metabolisme makhluk hidup. Enzim sebagai biokatalisator yang berperan dalam mempercepat suatu reaksi kimia didalam sel (Kurniawati *et al.*, 2019). Enzim yang biasanya dihasilkan oleh mikroba antara lain seperti amilase, protease, lipase, selulase, kitinase dan pektinase juga memiliki potensi yang dapat dimanfaatkan dalam berbagai bidang industri. Penelitian mengenai enzimatis dilakukan uji enzim seperti, amilase dengan menggunakan pati atau amilum 1% sebagai substrat, protease menggunakan *skim milk* 1% sebagai substrat dan lipase menggunakan *tween* 80 1% sebagai substrat. Masing-masing uji enzim dilakukan menggunakan *paper disc* untuk membantu pengamatan selama 1×24 jam. Hasil uji enzimatis disajikan dalam Tabel 4.

Tabel 1. Identifikasi Makroskopis Isolat Bakteri Asosiasi Sedimen

Dokumentasi	Bentuk	Warna	Elevasi	Pinggiran
 S2. T4. 1b	Round	Putih	Flat	Entire
 S2. T4. 3a	Round	Cream	Flat	Scalloped
 S2. T4. 3b	Round	Putih	Flat	Entire
 S2. T4. 2c	Round	Putih	Flat	Scalloped
 S2. T4. 1a	Round	Putih	Flat	Serrate

Keterangan : S2 = Stasiun Sampel (Tambak); T4 = Pengenceran ke-4

Tabel 2. Identifikasi Mikroskopis Isolat Bakteri Asosiasi Sedimen

Dokumentasi	Bentuk	Warna	Sifat
 S2. T4. 1b (B)	<i>Coccus</i>	Ungu	Gram Positif
 S2. T4. 3a (F)	<i>Coccus</i>	Ungu	Gram Positif
 S2. T4. 3b (G)	<i>Bacillus</i>	Ungu	Gram Positif
 S2. T4. 2c (H)	<i>Coccus</i>	Ungu	Gram Positif
 S2. T4. 1a (K)	<i>Bacillus</i>	Ungu	Gram Positif

Keterangan : S2 = Stasiun Sampel (Tambak); T4 = Pengenceran ke-4

Patogen *S.aureus*Patogen *E.coli***Gambar 2.** Hasil Skrining Antibakteri Metode *Agar Plug*

Berdasarkan hasil uji enzim amilase yang disajikan dalam Tabel 4. dapat dilihat pada isolat S2. T4. 2c (H) memiliki indeks enzimatis amilase sebesar (0,52 mm), protease sebesar (0,23 mm) dan lipase sebesar (0,1 mm) sedangkan pada isolat S2. T4. 1a (K) memiliki indeks enzimatis amilase sebesar (0,66 mm), protease (0,35 mm) dan lipase (0,22 mm). Angka tersebut menunjukkan bahwa kemampuan bakteri dalam menghasilkan enzim amilase tergolong lemah, hal ini dibuktikan oleh

penelitian Listiowati *et al.* (2022), yang mengklasifikasikan nilai indeks enzimatis kedalam 3 tingkatan, yaitu lemah (0-0,9); sedang (1-2,9) dan tinggi (≥ 3). Hasil aktivitas enzimatis yang tergolong lemah bisa disebabkan oleh beberapa faktor, baik pada faktor lingkungan pengambilan sampel atau faktor pada saat melakukan inkubasi uji enzimatis. Walaupun hasil zona bening yang dihasilkan tergolong lemah 2 isolat bakteri yang memiliki kemampuan dalam menghasilkan zona bening pada ketiga uji yang dilakukan, yaitu isolat bakteri dengan kode S2. T4. 2c (H) dan S2. T4. 1a (K), yang artinya kedua isolat tersebut juga memiliki potensi sebagai biodekomposer dan bermanfaat untuk perkembangan diberbagai bidang industri (Swandi *et al.*, 2025).

Tabel 3. Hasil Skrining Antibakteri Metode *Agar Plug*

Kode Isolat	<i>E. coli</i>				<i>S. aureus</i>			
	24 Jam		48 Jam		24 Jam		48 Jam	
	1	2	1	2	1	2	1	2
S2. T4. 1b (B)	+	+	+	+	+	+	+	+
S2. T4. 2b (F)	+	+	+	+	+	+	+	+
S2. T4. 3a (G)	+	+	+	+	-	-	-	-
S2. T4. 3b (H)	+	+	+	+	-	-	-	-
S2. T4. 1a (K)	+	+	+	+	-	-	-	-

Keterangan : + = Terdapat zonaambat; - = Tidak terdapat zonaambat; S2 = Stasiun Sampel (Tambak); T4 = Pengenceran ke-4

Tabel 4. Hasil Uji Aktivitas Enzimatis Bakteri Asosiasi Sedimen

Kode Isolat	Indeks Enzimatis (mm)					
	Lipolitik		Proteolitik		Amilolitik	
	24 Jam	48 Jam	24 Jam	48 Jam	24 Jam	48 Jam
S2. T4. 1b (B)	-	-	-	-	-	-
S2. T4. 3a (F)	-	-	-	-	-	-
S2. T4. 3b (G)	-	-	-	-	-	-
S2. T4. 2c (H)	0,1	0,08	0,23	0,22	0,52	0,46
S2. T4. 1a (K)	0,22	0,21	0,35	0,32	0,67	0,62

Keterangan : (-) = Tidak terdapat zonaambat; S2 = Stasiun Sampel (Tambak); T4 = Pengenceran ke-4



Enzim Amilolitik



Enzim Lipolitik



Enzim Proteolitik

Gambar 3. Hasil Uji Enzimatis

Enzim merupakan salah satu agen biokatalisator yang berperan dalam mempercepat suatu reaksi kimia didalam sel (Kurniawati *et al.*, 2019), yang biasanya dihasilkan oleh bakteri atau mikroba, salah satunya adalah bakteri asal laut. Bakteri sebagai salah satu mikroorganisme yang mampu menghasilkan enzim banyak dimanfaatkan penggunaannya dalam bidang industri. Oktavia *et al.* (2018), menyatakan bahwa penggunaan enzim banyak dimanfaatkan dalam bidang industri seperti dalam pembuatan makanan, industri tekstil, industri kulit dan kertas. Uji enzim amilase dilakukan pada media *Zobell Marine Agar* (ZMA) yang ditambahkan pati 1%. Bakteri penghasil amilase ditandai dengan munculnya zona bening di sekitar *paper disc* setelah penambahan larutan *iodine*. *Iodine* berfungsi sebagai indikator keberadaan pati, dimana media yang masih mengandung pati akan berwarna ungu kebiruan, sedangkan daerah bening menunjukkan pati telah terhidrolisis oleh enzim amilase (Swandi, 2020). Menurut Setiawati *et al.* (2022), isolat bakteri yang membentuk zona bening pada uji enzim protease mampu menghidrolisis kasein dalam media *skim milk*. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Herlina *et al.* (2019) yang menjelaskan bahwa enzim protease mengkatalis pemutusan ikatan peptida pada protein menjadi asam amino atau peptida sederhana. Enzim protease termasuk kelompok *hydrolase* yang berperan memecah molekul kompleks dan banyak dimanfaatkan dalam industri pangan serta deterjen. Uji enzim bakteri penghasil enzim lipase mampu mendegradasi minyak atau lemak menjadi asam lemak dan gliserol (Chairunnisa *et al.*, 2019). Uji lipase dilakukan dengan menambahkan *Tween* 80 ke dalam media ZMA sebagai sumber nutrisi utama bagi bakteri lipolitik. Aktivitas enzim ditandai dengan munculnya zona bening pada media, semakin luas zona bening, semakin tinggi aktivitas lipase. Bakteri yang termasuk kedalam genus *Bacillus* sering memiliki potensi lipolitik tinggi karena mampu bertahan pada berbagai kondisi lingkungan (Simamora dan Sukmawati, 2020). Zona bening yang dihasilkan oleh isolat bakteri menjadi salah satu peluang potensi yang dapat dikembangkan dalam berbagai bidang industri seperti biofuel, industri akuakultur dan biokatalisator.

KESIMPULAN

Hasil penelitian isolasi dan karakterisasi bakteri asosiasi yang diperoleh dari Perairan Teluk Awur, Jepara diperoleh 5 isolat dengan karakteristik yang berbeda. Berdasarkan hasil uji antibakteri dan enzimatis yang telah dilakukan, isolat bakteri dengan kode S2. T4. 1a (K) menunjukkan potensi paling tinggi dibandingkan dengan isolat lainnya. Isolat tersebut mampu menghambat pertumbuhan bakteri patogen pada *Staphylococcus aureus*, serta memperlihatkan aktivitas enzimatis terhadap enzim lipase, amilase dan protease. Kombinasi yang dihasilkan dari kedua uji tersebut menunjukkan bahwa isolat bakteri dengan kode S2. T4. 1a (K) memiliki potensi besar untuk dikembangkan lebih lanjut sebagai sumber senyawa bioaktif dan enzim pada bidang industri. Hasil penelitian ini memberikan peluang lain untuk mengoptimasi produksi senyawa aktif lainnya dan dasar penelitian lanjutan mengenai identifikasi molekuler yang akan dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adelita, K., Idiawati, N., & Sofiana, M.S.J., 2019. Pelapisan aktivitas lipase dari bakteri sedimen perairan Pulau Lemukutan. *Jurnal Laut Khatulistiwa*, 1(3):21–24.
- Anggorowati, D.A., Munandar, H., & Indriana, L.F., 2019. Isolasi dan penapisan bakteri penghasil enzim protease, selulase dan amilase dari sedimen dan saluran pencernaan teripang hitam *Holothuria atra*. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 11(2):377–386.
- Azman, A.S., Mawang, C.I., & Abubakar, S., 2018. Bacterial pigments: The bioactivities and as an alternative for therapeutic applications. *Natural Product Communications*, 13(12):1747–1754.
- Baker, B.J., Appler, K.E., & Gong, X., 2021. New microbial biodiversity in marine sediments. *Annual Review of Marine Science*, 161–175.
- Bech, P.K., Lysdal, K.L., Gram, L., Tilia, M.B., & Strube, M.K., 2020. Marine sediments hold an untapped potential for novel taxonomic and bioactive bacterial diversity. *American Society for Microbiology*, 5(5):1–17.

- Bradley, J.A., Arndt, S., Amend, J.P., Galerne, E.B., & Larowe, D.E., 2022. Sources and fluxes of organic carbon and energy to microorganism in global marine sediments. *Frontiers in Microbiology*, 13:1–15.
- Chairunnisa, Riyanto, & Karim, A., 2019. Isolasi dan uji bakteri lipolitik dalam mendegradasi minyak pada limbah cair kelapa sawit di Kebun Marihat, Pematang Siantar. *Jurnal Ilmiah Biologi UMA*, 1(2):44–52.
- Daryono, B.S., Meylani, V., & Radjasa, O.K., 2025. Laut dalam menurut perspektif biologi. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Fajriani, B., Budiharjo, A., & Pujiyanto, S., 2018. Isolasi dan identifikasi molekuler bakteri antagonis terhadap *Vibrio parahaemolyticus* patogen pada udang *Litopenaeus vannamei* dari produk probiotik dan sedimen mangrove di Rembang. *Jurnal Biologi*, 7(1):52–63.
- Ghosh, S., Srakar, T., Pati, S., Kari, Z.A., Edinur, H.A., & Chakraborty, R., 2022. Novel bioactive compounds from marine sources as a tool for functional food development. *Frontiers in Marine Science*, 9:1–28.
- Hamidah, M.N., Rianingsih, L., & Romadhon, 2019. Aktivitas antibakteri isolat bakteri asam laktat dari peda dengan jenis ikan berbeda terhadap *E. coli* dan *S. aureus*. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Perikanan*, 1(2):11–21.
- Herlina, N., Mustopa, A.Z., Surachma, R.S., Triratna, L., Kartina, G., & Alfisyahrin, W.N., 2019. Aktivitas antibakteri dan antioksidan peptide susu kambing hasil hidrolisis dengan protease *Lactobacillus plantarum* S31. *Jurnal Biologi Indonesia*, 15(1):22–31.
- Jamaludin, Sedjati, S., & Supriyanti, E., 2021. Kandungan bahan organik dan karakteristik sedimen di perairan Betahwalang, Demak. *Buletin Oseanografi Marina*, 10(2):143–150.
- Joanne, A., Bahar, M., Muktamiroh, H., & Setyaningsih, Y., 2024. Effect of fermentation optimization with pH control on *Actinomyces* isolate as antibacterial *Staphylococcus aureus*. *BioLink: Jurnal Biologi Lingkungan, Industri dan Kesehatan*, 10(2):185–195.
- Kurniawati, L., Kusdiyantini, E., & Wijarnaka, 2019. Pengaruh variasi suhu dan waktu inkubasi terhadap aktivitas enzim selulase dari bakteri *Serratia marcescens*. *Jurnal Akademika Biologi*, 8(1):1–9.
- Laili, N.H., Abida, I.W., & Junaidi, A., 2022. Nilai total plate count (TPC) dan jumlah jenis bakteri air limbah cucian garam (bittern) dari tambak garam Desa Banyuajuh Kecamatan Kamal Kabupaten Bangkalan. *Jurnal Ilmiah Universitas Trunojoyo Madura*, 3(1):26–31.
- Listiowati, E., Ekasanti, A., Nugrayani, D., Syakuri, H., Wisudyanti, D., Nurhafid, M., & Evander, Y., 2022. Studi komunitas bakteri hidrolitik saluran pencernaan ikan nilam (*Osteochillus vittatus*) yang dibudidayakan di Kabupaten Banyumas. *Jurnal Akuakultur Sungai dan Danau*, 7(2):115–124.
- Maisaroh, D.S., Sa'adah, N., & Sakhi, H.A., 2024. Eksplorasi agen antibakteri ekstrak spons laut yang diambil dari perairan sekitar PLTU Paiton Probolinggo. *Jurnal Perikanan*, 14(1):10–19.
- Manalu, A., & Pardosi, L., 2022. Isolasi bakteri penghasil antibiotik dari tanah sawah Naen Kabupaten Timor Tengah Utara. *Jurnal Saintek Lahan Kering*, 5(1):5–6.
- Ningsih, E.N., Barus, B.S., Aryawati, R., Ramadhan, S., & Supriyadi, F., 2021. Penentuan tipe sedimen dasar perairan muara Sungai Banyuasin berdasarkan nilai hambur balik akustik. *Jurnal Penelitian Sains*, 23(3):158–162.
- Oktavia, Y., Lestari, S.D., Lestari, S., Herpandi, & Jannah, M., 2018. Optimasi waktu inkubasi produksi protease dan amilase isolat bakteri asal terasi ikan teri *Stolephorus* sp. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 10(3):719–725.
- Remijawa, E.S., Rupidara, A.D.N., Ngginak, J., & Radjasa, O.K., 2020. Isolasi dan seleksi bakteri penghasil enzim ekstraseluler pada tanah mangrove di Pantai Noelbaki. *Jurnal Enggano*, 5(2):164–180.
- Rompas, S.A.T., Wewengkang, D.S., & Mpila, D.A., 2022. Uji aktivitas antibakteri organisme laut tunikata *Polycarpa aurata* terhadap bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. *Pharmacon*, 11(1):1271–1278.
- Scania, A.E., & Ningsih, I., 2023. *Pseudomonas aeruginosa*: Permasalahan, resistensi antibiotik dan pemeriksaan mikrobiologi. *Pratista Patologi*, 8(3):139–147.

-
- Setiawati, U.N., Miranda, M., Lestari, M.D., Nukmal, N., Setyaningrum, E., Aeny, T.N., & Arifiyanto, A., 2022. Penapisan enzim hidrolase pada bakteri *Streptomyces* sp. strain I18. *Biota: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Hayati*, 7(3):207–214.
- Simamora, C.J.K., & Sukmawati, S., 2020. Identifikasi dan karakterisasi aktivitas ekstrak kasar enzim lipase isolat bakteri lipolitik Ltpk 19 asal tempe biji karet. *Median*, 12(1):28–37.
- Sugiyono, 2013. Metode penelitian kuantitatif kualitatif dan R&D. Bandung: Penerbit Alfabeta.
- Swandi, M.K., 2020. Isolation, characterization & activity test of soil origin bacteria amilase. *Biosfer: Jurnal Tadris Biologi*, 11(2):181–189.
- Swandi, M.K., Ropalia, & Anggraeni, 2025. Isolasi, karakterisasi dan potensi enzimatis bakteri asal tanah sampah di tempat pembuangan akhir sebagai kandidat agen biodekomposer. *Berita Biologi: Jurnal Ilmu-Ilmu Hayati*, 24(1):63–72.
- Wibowo, R.H., Darwis, W., Sipriyadi, Adfa, M., Silvia, E., Wahyumi, R., Sari, D.A., & Masruhkin, 2022. Bakteri penghasil amilase yang diisolasi dari ekoenzim limbah buah-buahan. *Jurnal Biosilampari: Jurnal Biologi*, 4(2):107–117.
- Widayat, B.M., Pringgenies, D., & Setyati, W.A., 2024. Kluster gen biosintetik (NRPS/PKS) pada bakteri sedimen mangrove Pantai Tirang Semarang Indonesia. *Jurnal Kelautan Tropis*, 27(3):515–524.
- Widyasari, Y.E., & Azizah, N., 2025. Uji efektivitas penggunaan udara panas buatan pada pembuatan preparat bakteri dengan pewarnaan Gram. *Jurnal Pengelolaan Laboratorium Pendidikan*, 7(1):49–56.
- Wulansari, A., Aqlinia, M., Wijarnaka, & Raharjo, B., 2019. Isolasi bakteri endofit dari tanaman bangle (*Zingiber cassumunar* Roxb.) dan uji aktivitas antibakterinya terhadap bakteri penyebab penyakit kulit *Staphylococcus epidermidis* dan *Pseudomonas aeruginosa*. *Berkala Bioteknologi*, 2(2):25–36.