



Isolasi Dan Identifikasi Bakteri Proteolitik Dari Tanah Mangrove Di Pantai Pandaratan Kecamatan Sarudik Kabupaten Tapanuli Tengah

Linda Eriri¹, Rasyidah Rasyidah², Ulfayani Mayasari³

^{1,2,3} Universitas Islam Negeri Sumatera Utara

Email : lindaeriri830@gmail.com¹, rasyidah@uinsu.ac.id², ulfayani.mayasari@uinsu.ac.id³

Abstract. *Proteolytic bacteria are bacteria that can degrade proteins by producing extracellular protease enzymes. Proteolytic bacteria can be found in mangrove soil. This is because the dry weight of mangrove leaf litter contains 61% protein. The purpose of this study was to determine the presence of proteolytic bacterial isolates from mangrove soil in Pandaratan Beach, Sarudik District, Central Tapanuli Regency and to characterize them. This study used a laboratory experimental method which was analyzed descriptively. Soil sampling was carried out at two location points I (sandy) and location II (muddy) which were isolated using SMA media with the streak plate method. Characterization includes macroscopic and microscopic observations as well as biochemical tests. The results of the study found that there were 15 isolates of proteolytic bacteria isolated from the mangrove soil of Pandaratan Beach, Central Tapanuli. The highest activity test of the proteolytic index (IP) was obtained 0.82 mm by the Micrococcus (L1) and 0.09 mm lowest by Brevibacillus (L2). A total of 11 genera of proteolytic bacteria were found, including Curtobacterium (P1 and L7), Bacillus (P2, P4, and P7), Enterococcus (P3), Brevibacillus (P5 and L2), Carnobacterium (P6), Paenibacillus (P8), Micrococcus (L1), Vagococcus (L3), Marinococcus (L4), Halobacillus (L5), Sporosarcina (L6).*

Keywords: Mangrove Soil, Proteolytic Bacteria, Proteolytic Index

Abstrak. Bakteri proteolitik adalah bakteri yang dapat mendegradasi protein dengan cara memproduksi enzim protease ekstraseluler. Bakteri proteolitik dapat ditemukan pada tanah mangrove. Hal ini karena serasah daun mangrove berat keringnya mengandung dari 61% protein. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui adanya isolat bakteri proteolitik dari tanah mangrove di Pantai Pandaratan Kecamatan Sarudik Kabupaten Tapanuli Tengah dan mengkaraktisasinya. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental laboratoris yang dianalisis secara deskriptif. Pengambilan sampel tanah dilakukan pada dua titik lokasi I (berpasir) dan lokasi II (berlumpur) yang diisolasi menggunakan media SMA dengan metode spread plate. Pengkaraktisasian meliputi pengamatan secara makroskopis dan mikroskopis serta uji biokimia. Hasil penelitian ditemukan adanya 15 isolat bakteri proteolitik yang diisolasi dari tanah mangrove Pantai Pandaratan Tapanuli Tengah. Uji aktivitas indeks proteolitik (IP) tertinggi diperoleh 0.82 mm oleh Micrococcus (L1) dan terendah 0.09 mm oleh Brevibacillus (L2). Sebanyak 11 genus bakteri proteolitik ditemukan antara lain, yaitu Curtobacterium (P1 dan L7), Bacillus (P2, P4, dan P7), Enterococcus (P3), Brevibacillus (P5 dan L2), Carnobacterium (P6), Paenibacillus (P8), Micrococcus (L1), Vagococcus (L3), Marinococcus (L4), Halobacillus (L5), Sporosarcina (L6).

Kata kunci: Tanah Mangrove, Bakteri Proteolitik, Indeks Proteolitik

LATAR BELAKANG

Pantai Pandaratan Tapanuli Tengah merupakan kawasan wisata lokal yang masih belum terlalu ramai dikunjungi banyak orang. Pantai ini berada di kawasan Tapanuli Tengah Provinsi Sumatera Utara. Pandaratan juga termasuk laut yang menampilkan pemandangan terbentangnya Samudera Hindia. Masyarakat sekitar juga memberikan julukan sebagai surganya bintang laut. Hal ini karena banyaknya bintang laut ditemukan di pantai ini. Pantai yang menjadi sarangnya bintang laut ini menjadi pertanda bahwa kawasan yang masih asri dengan dikelilingi puluhan hektar mangrove.

Mangrove sendiri berfungsi sebagai pencegah abrasi pantai agar tanah tidak terkikis oleh ombak air laut. Ekosistem mangrove merupakan penyeimbang dan kestabilan antara lautan dengan daratan. Selain pencegah terjadinya abrasi juga dapat menjernihkan air laut dari lumpur yang tercampur dengan air laut.

Mangrove juga merupakan suatu ekosistem yang berperan sebagai habitat berbagai hewan mulai dari burung, kepiting, udang, kerang, dan lain-lain (Karuniastuti, 2013). Selain itu, mangrove bermanfaat bagi masyarakat yang tinggal di daerah pesisir pantai. Batang pohon mangrove dapat dimanfaatkan sebagai kayu bakar dan fungsi ekonomis, yaitu sebagai kawasan wisata. Ekosistem mangrove terdiri dari pohon-pohon mangrove yang tumbuh di area tepi pantai yang permukaan tanahnya bertekstur lembek atau disebut dengan lumpur. Menurut Husny dan Amanatul (2018) daerah mangrove Pantai Pandaratan ini memiliki suhu sekitaran 28-30°C, salinitas dengan 29-30 ppm, pH dengan kisaran 7-8, dan kandungan c-organik yaitu dengan kisaran 0.60-0.87.

Dasar dari lahan hutan mangrove merupakan bahan organik yang berasal dari serasahnya (Aida, et al., 2014). Menurut Sahoo & Dall (2008), dasar mangrove merupakan habitat yang secara biologis kaya dan mampu menyediakan zat ekologis untuk bermacam organisme, termasuk didalamnya adalah bakteri. Bakteri memegang peranan untuk mentransfer nutrisi yang melibatkan kerja enzim ekstraseluler. Misalnya seperti bakteri proteolitik dapat menghasilkan enzim protease.

Bakteri proteolitik ternyata juga terdapat pada tanah. Hal ini karena daun mangrove berat keringnya mengandung dari 61% protein. Maka bakteri yang dapat mendegradasi protein dengan cara memproduksi enzim protease ekstraseluler, yaitu bakteri proteolitik. Bakteri proteolitik tersebut akan menguraikan serasah-serasah mangrove menjadi senyawa kompleks dan bermanfaat sebagai penambah nutrisi tanah sehingga dapat menyuburkan ekosistem tanah mangrove (Hastuti, et al., 2017). Menurut Fani, et al (2022) Kondisi faktor lingkungan pada daerah mangrove yang ditemukannya bakteri proteolitik, yaitu menunjukkan salinitas berkisar antara 28-41‰. Nilai pH dengan kisaran 7-8. Sedangkan suhu lingkungan berkisar antara 30-31°C dan menurut Remijawa, et al (2020) bakteri proteolitik ditemukan di daerah mangrove dengan rentan suhu 26°C – 28°C.

Menurut penelitian Subagiyo, et al (2017) ditemukan 7 isolat bakteri proteolitik pada sedimen mangrove di Pantai Utara Semarang. Kemudian pada penelitian Setyati dan Subagiyo (2012) ditemukan isolat bakteri proteolitik pada kawasan mangrove Segara Anakan Cilacap Seragen dengan hasil 33 isolat. Ada juga penelitian dari Hastuti, et al (2017) dari tanah

mangrove di Murgomulyo ditemukan bakteri proteolitik dengan 7 isolat pada tanah mangrove, masing-masing dari hasil isolasi yaitu bakteri *Bacillus badius*, *Pseudomonas stutzeri*, *Vibrio parahaemolyticus*, *Pseudomonas pseudomallei*, *Listeria monocytogenes*, *Bacillus alvei*, dan *Bacillus lentus*. Masing-masing bakteri tersebut mampu menghidrolisis protein yang mana bakteri tersebut dapat menghasilkan enzim protease ekstraseluler yang diproduksi di dalam sel yang kemudian akan dilepaskan dari dalam sel keluar sel.

KAJIAN TEORITIS

Deskripsi Lokasi

Pantai Pandaratan merupakan salah satu pantai di daerah Sumatera Utara bagian barat yang berhadapan langsung dengan Samudera Hindia, lebih tepatnya berkawasan di Kecamatan Sarudik Kabupaten Tapanuli Tengah Provinsi Sumatera Utara. Wilayah ini banyak dimanfaatkan masyarakat sebagai pemukiman, perikanan, pariwisata, dan jalur transportasi. Kawasan ini merupakan wilayah yang sangat produktif baik dari segi penangkapan ikan maupun potensi lainnya. perairan Pantai Pandaratan memiliki banyak keanekaragaman biota laut. Pantai pandaratan merupakan salah satu objek wisata yang ada di Sibolga. Pantai ini masih sebagian kecil yang mengetahui tentang objek wisata yang indah ini karena letaknya yang ada di balik bukit serta memiliki potensial sumber daya hayati yang beragam, yakni ekosiste mangrove, ekosistem lamun, dan ekosistem trumbu karang (Panggabean, et al., 2021).



Gambar 2.1 Pantai Pandaratan Sumatera Utara
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2022)

Daerah Pantai Pandaratan ini memiliki dua ekosistem disekitarnya, yaitu mangrove dan ekosistem lamun dengan tiga tipe substrat yakni berpasir, berlumpur, dan berbatu. Tipe sedimen yang terdapat pada Pantai Pandaratan ini yaitu dominan pasir. Substrat berpasir berada di dekat bibir pantai, substrat

berlumpur berada di tengah di antara substrat pasir dan bebatuan dimana area ini menjadi ekosistem mangrove, sedangkan substrat bebatuan merupakan bagian kawasan berbukit (Banjarnahor, et al., 2021).

Ekosistem Mangrove

Negara maritim Indonesia memiliki panjang garis pantai \approx 81.000 Km yang sepanjang garis pantainya terdapat berbagai tipe vegetasi, salah satunya adalah hutan mangrove. Menurut Litbang Kehutanan (2014) di Indonesia tersebar 17.000 pulau sebagai ekosistem mangrove dengan total 80.000 Km. Ekosistem mangrove merupakan ekosistem antara daratan dengan ekosistem lautan, sehingga ekosistem mangrove mempunyai fungsi yang spesifik dengan berlangsungnya tergantung pada dinamika yang terjadi di ekosistem daratan maupun lautan.

Ekosistem merupakan interaksi yang lebih kompleks antara makhluk hidup dengan lingkungannya. Ekosistem terbentuk sebagai hasil interaksi antara lingkungan, nutrisi dan organisme yang hidup dan berkembang pada ekosistem tersebut, termasuk hubungan antara mikroorganisme dengan inangnya yang berada dalam lingkungan hutan mangrove. Mangrove merupakan tumbuhan yang berada di kawasan pantai, memiliki toleransi terhadap salinitas dan terpengaruh oleh intrusi laut, serta hidup pada lahan atau sedimen yang basah (Haroen, 2002).

Daerah mangrove dengan tanah lumpur dan daratan yang terus menerus dibentuk oleh tumbuh-tumbuhan yang kemudian secara perlahan akan berubah menjadi daerah semi teresterial (semi daratan), maka daerah mangrove dikatakan daerah yang dinamis (Kushartono, 2009). Hutan mangrove adalah tipe hutan yang khas dan selalu dipengaruhi oleh pasang surut air laut. Lingkungan demikian terdapat ekosistem yang khas dan merupakan salah satu sumber daya alam yang sangat potensial karena di kawasan hutan mangrove terpadu unsur fisik, biologis daratan dan lautan (Dewi, et al., 2017)

Menurut Islamiyah, et al (2017) hutan mangrove berfungsi sebagai batas ekosistem darat dan laut dan salah satu tempat perkembangbiakan untuk berbagai kelompok mikroorganisme seperti bakteri. Daerah ekosistem mangrove memiliki intertidal, dengan kaya akan bahan organik dan anorganik yang penting dalam arus energi. Ekosistem mangrove merupakan zona yang banyak menguntungkan makhluk hidup dengan berbagai organisme laut, mulai dari ikan, crustacea, dan bahkan bakteri yang berperan sebagai biodegradator atau pengurai serasah akar, batang, daun, dan jasad organisme lain. Maka mangrove sendiri dapat dikatakan sebagai sumber dan tempat yang strategis untuk hewan dan tumbuhan tinggal (Dewi, et al., 2017).

Tanah Mangrove

Tanah mangrove termasuk tanah muda yang bahan pembentuk tanahnya telah mengalami berbagai pencucian dan pelumatan sebelum diendapkan sehingga partikel tanah pada mangrove sangat halus. Tanah daerah mangrove banyak mengandung kadar garam dan air yang tinggi, serta asam sulfide yang melimpah. Kandungan oksigen rendah dan banyaknya partikel kasar yang berasal dari hancurnya organisme laut. Secara umum tanah mangrove masuk kedalam golongan alluvial hidromorf, atau yang disebut dengan tanah liat laut. Tanah muda ini tergolong tanah regosol atau entisol (Sundun, 2022).

Tanah mangrove yang subur berasal dari pembusukan serasah mangrove yang memiliki kandungan senyawa kompleks seperti amilum, selulosa, dan protein. Senyawa-senyawa tersebutlah yang akan didegradasi oleh bakteri amilolitik dan selulolitik. Sedangkan untuk protein akan didegradasi oleh bakteri proteolitik (Hastuti, et al., 2017). Hal ini sesuai dengan menurut Dewi, et al (2017) yang mengatakan sedimen laut termasuk juga tanah mangrove dapat berpotensi sebagai habitat mikroba khususnya aktinomycetes yang mempunyai aktivitas untuk menghasilkan senyawa-senyawa yang berguna.

Batang dan daun pohon mangrove yang berserakan dan lapuk kemudian mengalami pembusukan setelahnya bercampur dengan tanah. Sisa-sisa dari pelapukan mangrove akan dihancurkan oleh serangga-serangga tanah menjadi bagian-bagian dengan ukuran yang lebih kecil. Ukuran yang lebih kecil tersebut kemudian akan berubah menjadi senyawa yang lebih kompleks atau senyawa yang lebih sederhana dilakukan oleh bakteri di dalam tanah atau disebut dengan biodegradasi. Hasil dari biodegradasi tersebut dapat dimanfaatkan sebagai nutrisi tanaman (Hastuti, et al., 2017)

Menurut Lyla dan Ajmal (2006), aktivitas bakteri mampu meningkatkan ketersediaan unsur hara melalui proses mineralisasi karbon dan asimilasi nitrogen, dengan adanya aktivitas tersebut mengakibatkan produktivitas bakteri menjadi tinggi. Di dalam ekosistem mangrove banyak mengandung bahan organik yang berasal dari serasah mangrove. Serasah mangrove banyak mengandung protein, sehingga bakteri yang berkembang merupakan bakteri yang mampu mendegradasi protein dari penyusun serasah mangrove tersebut.

Bakteri Proteolitik

Bakteri proteolitik pada umumnya banyak ditemukan diberbagai sumber yang banyak mengandung protein tinggi (Paskandani, et al., 2014). Salah satu habitat yang banyak ditemukannya bakteri proteolitik yaitu pada serasah-serasah mangrove. Menurut Hastuti, et al (2017) serasah-serasah yang berserakan seperti, daun-daun, batang, dan akar akan mengalami pelapukan dan pembusukan yang kemudian akan bercampur dengan tanah. Serasah mangrove yang mengalami pelapukan dan pembusukan dihancurkan oleh serangga-serangga tanah menjadi bagian yang lebih kecil, kemudian bakteri yang tinggal di tanah akan melakukan biodegradasi terhadap senyawa-senyawa kompleks yang ada dalam tanaman mangrove kemudian diubah menjadi senyawa-senyawa yang lebih sederhana yang berfungsi sebagai penyubur tanah.

Bakteri pendegradasi protein adalah bakteri yang mampu mensintesis enzim proteolitik ekstraseluler. Mikroorganisme ini banyak terdapat pada tanah. Aktivitas degradasi protein menjadi asam amino dilakukan oleh bakteri dimana bakteri tersebut berperan sebagai tenaga penggerak utama dalam metabolisme nitrogen yang terjadi di sedimen. Bakteri dapat menghidrolisis polimer berupa protein dengan perantara enzim sebagai biokatalisator. Enzim ekstraseluler dapat menghasilkan komponen sebagai transport, baik melalui membran sel maupun melalui difusi dalam lingkungan (Nunn, et al., 2003).

Berdasarkan hasil penelitian Setyati dan Subagiyo (2012) bakteri yang mempunyai aktivitas proteolitik mempunyai kemampuan untuk menghasilkan enzim protease yang disekresikan ke lingkungan. Bakteri proteolitik adalah bakteri ekstraseluler, yaitu enzim pemecah protein yang diproduksi di dalam sel kemudian dilepaskan keluar sel. Menurut Elfi (2003) bakteri ini dapat memproduksi enzim protease ekstraseluler yang berfungsi sebagai pendegradasi protein. Enzim protease dapat mengkatalis pemutusan ikatan peptida pada protein. Untuk dapat menentukan kemampuan mikroorganisme dalam mensekresikan protease yang dapat mendegradasi protein, maka pada medium disertakan susu skim yang mengandung kasein.

Bakteri proteolitik dapat menghidrolisis protein dengan menghasilkan enzim protease (Asril & Leksikowati, 2019) . Enzim protease berperan penting sebagai fungsi biologi mulai dari tingkat sel hingga ke organ yang disebut sebagai reaksi metabolik dan fungsi regulator. Protein akan didegradasi oleh bakteri proteolitik menjadi asam amino, kemudian didegradasi lagi menjadi CO₂, H₂O, dan Amonia (NH₃) yang dilepaskan ke lingkungan. Amonia (NH₃) diubah oleh mikroba menjadi ion ammonium (NH₄⁺) yang dapat bermanfaat bagi tanaman

terutama untuk pertumbuhan dan perkembangannya. Senyawa ini diserap melalui akar-akar ke daun selama proses asimilasi yang kemudian ditransformasikan dalam bentuk asam amino.

Manfaat Bakteri Proteolitik

Bakteri proteolitik sebagai penghasil enzim protease dapat berfungsi sebagai bioekowenisi limbah yang dapat mengurangi jumlah polutan dengan cara mempercepat dekomposisi bahan organik (Agus, et al., 2014). Maka, dapat dikatakan bakteri proteolitik bermanfaat sebagai pembuat pupuk hayati. Bakteri proteolitik tersebut akan mengubah protein menjadi asam amino ke dalam bentuk nitrogen yang akan bermanfaat digunakan oleh tumbuhan sebagai nutrisi untuk pertumbuhan (Hutabarat, et al., 2014).

Bakteri proteolitik juga dapat bermanfaat sebagai penanganan limbah yang ditemukan berbagai sumber yang mengandung protein tinggi misalnya seperti pada limbah tahu. Bioekowenisi merupakan penggunaan mikroorganisme yang telah dipilih untuk ditumbuhkan pada polutan tertentu sebagai upaya menurunkan kadar polutan tersebut (Priadi, 2012). Bakteri yang dapat digunakan sebagai agen bioekowenisi, yaitu bakteri yang memiliki tingkat patogenitas rendah sampai non-patogenik (Eethica, et al., 2018).

Enzim Protease

Protease adalah enzim proteolitik yang dapat mengkatalis pemutusan ikatan peptida pada protein. Untuk menentukan kemampuan mikroorganisme dalam mengsekresikan protease yang dapat mendegradasi protein, maka pada medium disertakan susu skim yang mengandung kasein. Kasein merupakan protein utama susu, suatu molekul yang tersusun atas sub unit asam amino yang dihubungkan dengan ikatan peptida. Kasein berfungsi sebagai substrat bagi enzim protease (Puspitasari, et al., 2012). Enzim protease berperan dalam proses hidrolisis kasein menjadi peptida-peptida dan asam-asam amino yang larut. Kasein di dalam media Skim Milk Agar terhidrolisis ditandai dengan adanya zona bening disekitaran koloni bakteri. Hasil perombakan polimer protein hanya ditunjukkan dengan adanya zona jernih yang menandakan protein telah dirombak menjadi senyawa peptida dan asam amino yang sifatnya terlarut dalam medium.

Menurut Ummayyah (2019) protease adalah enzim yang berperan dalam reaksi biokatalis yang menyebabkan pemecahan protein. Kerja enzim ini membutuhkan air, sehingga dimasukkan ke dalam golongan hidrolase. Protease ekstraseluler diperlukan makhluk hidup untuk menghidrolisis nutrisi protein menjadi peptida kecil dan asam amino, sehingga dapat bertanggung jawab terhadap degradasi proteolitik secara cepat dan irreversible.

Enzim protease dapat digunakan untuk beberapa aplikasi seperti farmasi, pengempukan daging dan proses pengolahan limbah. Saat ini sudah banyak obat-obatan dengan mekanisme kerjanya seperti kerja enzim protease. Namun masih terus dilakukan penelitian untuk mencari enzim protease alami dari berbagai sumber seperti bakteri, fungi, dan juga organisme laut seperti spons (Rizaldi, 2016).

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Oktober hingga Desember 2022 yang dilakukan pada dua lokasi, yaitu Pantai Pandaratan Tapanuli Tengah dan Laboratorium Kesehatan Daerah Sumatera Utara. Pengambilan sampel dilakukan di Pantai Pandaratan Kecamatan Sarudik Kabupaten Tapanuli Tengah. Analisis C-organik dilakukan di Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Sumatera Utara. Sedangkan untuk isolasi bakteri dilakukan di UPT. Laboratorium Kesehatan Daerah Sumatera Utara Jl. Willie Iskandar Pasar V Barat I No. 1 Medan Sumatera Utara.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif yang mengacu pada deskripsi hasil isolasi dan karakterisasi isolet bakteri proteolitik yang ada di tanah mangrove Pandaratan Sarudik Tapanuli Tengah. Penelitian ini

Menggunakan metode kerja Suryabrata (2003), yaitu metode eksperimental laboratorium dengan mencari hubungan sebab-akibat antara dua faktor atau lebih yang sengaja dilakukan oleh peneliti dengan mengurangi faktor-faktor lain yang dianggap mengganggu. Sampel tanah mangrove ditumbuhkan pada media Skim Milk Agar (SMA) kemudian di karakterisasi berdasarkan makroskopis dan mikroskopis serta mengukur potensi bakteri proteolitik yang dilihat dari adanya zona bening disekitar koloni.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Isolasi Bakteri Proteolitik

Isolasi bakteri proteolitik dari tanah mangrove Pantai Pandan dilakukan untuk mendapatkan hasil identifikasi berbagai jenis bakteri proteolitik dengan ditandai adanya zona bening yang terbentuk. Dari hasil analisis kandungan C-organik yang terkandung dalam tanah Pantai Pandan pada lokasi I adalah 0.30% dan pada lokasi II adalah 1.09% dapat dilihat pada lampiran 3. Kandungan c-organik dalam tanah Pantai Pandan ini memberikan informasi bahwa kemungkinan bakteri proteolitik mampu hidup dengan kondisi lingkungan yang kaya c-organik. C-organik di setiap titik lokasinya memiliki nilai yang berbeda ini disebabkan karena adanya pengaruh substrat. Dimana ukuran substrat juga dapat mempengaruhi kandungan pada bahan organik yang ada, hal ini dapat dilihat dari ukuran partikel substrat yang semakin kecil maka semakin besar kandungan bahan organiknya (Riniatih, 2009).

Dari hasil pengukuran substrat yang telah dilakukan maka dapat diketahui pada lokasi I didominasi substrat tipe berpasir dengan presentasi fraksi pasir 95.76%, debu 2.12%, liat 2.12% dan pada lokasi II didominasi tipe substrat pasir berlempung dengan presentasi fraksi pasir 88.75%, debu 6.75%, liat 4.50% dapat dilihat pada lampiran 3.

Isolasi bakteri proteolitik dilakukan pengenceran pada sampel tanah yang diambil dari pengenceran 10⁻¹ sampai 10⁻⁶, pengenceran dilakukan untuk mengurangi kepadatan koloni yang tumbuh pada media isolasi sehingga memudahkan proses isolasi. Hasil pengenceran 10⁻⁴ sampai 10⁻⁶ kemudian ditanam ke dalam media SMA dengan metode sebar dan diinkubasi selama 24 jam. Kemudian dilakukan pemurnian dengan mengamati secara makroskopis yang akan ditanam kembali pada media SMA.

Identifikasi Bakteri Proteolitik

Dari hasil pengamatan morfologi dan uji biokimia yang dibandingkan dengan buku Bergey's of Determinative Bacteriology didapatkan kecocokan karakteristik dari beberapa genus. Berikut hasil dari genus tersebut:

1. *Genus Curvobacterium*

Berdasarkan hasil pengamatan koloni isolat yang menunjukkan karakter golongan Curvobacterium, yaitu P1 dan L7 pada tabel 4.1. Pengamatan makroskopis pada isolat P1 menunjukkan bentuk koloni bakteri bulat dengan elevasi timbul. Tepian berlekuk dengan warna putih susu. Sedangkan pada isolat L7 menunjukkan

beentuk koeloeni bakteeri tak beeraturan deengan eelevasi timbul. Teepian beeroembak deengan warna putih susu. Pada hasil peengamatan mikroeskoepis koedee isoelat P1 dan L7 meemiliki beentuk basil (batang) dan beersifat gram poesitif yang dapat dilihat pada lampiran 6 dan 8.

Pada uji bioekimia yang teelah dilakukan pada keedua isoelat dipeeroeleeh hasil poesitif pada uji katalasee dan hasil moetil pada uji SIM. Pada uji TSIA isoelat L5 mampu meemfermeentasi glukoesa tanpa gas. Seedangkan uji MR dan VP meenunjukkan hasil neegatif yang dapat dilihat pada lampiran 9. Hasil yang dipeeroeleeh meenunjukkan bahwa isoelat P1 dan L7 teermasuk keedalam geenus *Curtoebacterium*. Hal ini didukung juga peeneelitan dari Francis, eet al (2011) bakteeri *Curtoebacterium* meerupakan bakteeri gram poesitif beerbeentuk batang yang tumbuh pada suhu 30-37°C. beersifat moetil dan katalasee poesitif. Bakteeri ini diteemukan pada tanaman. *Curtoebacterium* seebagian meerupakan bakteeri pathoegeen pada tanaman dan beerbahaya bagi manusia. Pada tanaman dapat meenyeebabkan kankeer batang dan beercak pada daun. Pada manusia *Curtoebacterium flaccumfacieens* dapat meenyeebabkan nyeeri hingga peembeengkakan deengan eefeek deemam pada tubuh.

2. *Geenus Bacillus*

Beerdasarkan hasil peengamatan koedee isoelat yang meenunjukkan karakter goeloengan *Bacillus*, yaitu P2, P4, dan P7. Peengamatan makroeskoepis pada isloeat P2 dan P4 meenunjukkan beentuk koeloeni bakteeri tak beeraturan seedangkan isoelat P7 beerbeentuk bulat. Eelevasi keetiga isoelat timbul. Teepian isoelat P2 beerleekuk, P4 tak beerautan, dan P7 beeroembak. Seedangkan warna P2 putih susu, P4 putih beening, dan P7 beerwarna kreem. Pada hasil peengamatan mikroeskoepis keetiganya meemiliki beentuk basil (batang) dan beersifat gram poesitif yang dapat dilihat pada lampiran 6 dan 8.

Pada uji bioekimia yang teelah dilakukan dipeeroeleeh hasil poesitif pada uji katalasee dan hasil moetil pada uji SIM. Pada uji TSIA keetiganya mampu meemfermeentasi glukoesa, sukroesa, dan laktoesa tanpa meengasilkan gas. Seedangkan uji MR dan VP keetiganya meenunjukkan hasil neegatif yang dapat dilihat pada lampiran 9. Hasil yang dipeeroeleeh meenunjukkan bahwa isoelat P2, P4, dan P7 teermasuk keedalam geenus *Bacillus*. Hal ini juga didukung oelee peeneelitan Rizaldi (2016) meenyatakan bahwa bakteeri *Bacillus* meerupakan bakteeri gram poesitif beerbeentuk batang. Bakteeri ini banyak diteemukan dibeerbagai teempat bahkan teempat eekstrim seekalipun. Beersifat moetil dan mampu

meemfermeentasi glukoesa, sukroesa, dan laktoesa. Katalasee poesitif dan mampu meenghidroelisis kaseein. Meenurut Backman eet, al (1997) meengatakan bahwa bakteeri Bacillus meemiliki keeunggulan dibandingkan bakteeri lain, yaitu mampu meenghasilkan eendoespoera yang tahan teerhadap panas dan dingin, juga pH eekstrim, peestisida, pupuk, dan waktu peenyimpanan. Bacillus meemiliki peeran seebagai peengeendalian hayati tanaman pada peermukaan daun dan buah, seerta peenyakit peerakaran.

3. *Geenus Eenteeroecooccus*

Beerdasarkan hasil peengamatan koedee isoelat yang meenunjukkan karakter goeloengan Eenteeroecooccus adalah P3. Peengamatan makroeskoepis pada isloeat P3 meenunjukkan beentuk koeloeni bakteeri bulat deengan eelevasi timbul. Teepian isoelat P3 beeroembak deengan warna krem. Pada hasil peengamatan mikroeskoepis koedee isoelat P3 meemiliki beentuk coeccus (bulat) dan beersifat gram poesitif.

Pada uji bioekimia yang teelah dilakukan dipeeroeleeh hasil neegatif pada uji katalasee dan hasil moetil pada uji SIM. Pada uji TSIA isoelat P3 mampu meemfermeentasi glukoesa, sukroesa, dan laktoesa tanpa gas. Seedangkan uji MR meenunjukkan hasil poesitif dan uji VP meenunjukkan hasil neegatif. Hasil yang dipeeroeleeh meenunjukkan bahwa isoelat P3 teermasuk keedalam geenus Eenteeroecooccus. Hal ini didukung juga oeleh peeneelitian Sugiani, eet al (2018), yaitu bakteeri Eenteeroecooccus meerupakan bakteeri bulat beergram poesitif, katalasee neegatif, dapat meemfermeentasi glukoesa, sukroesa, dan laktoesa. Bakteeri Eenteeroecooccus beersifat patoegeen pada ikan. Meenurut Apun, eet al (1999) eenteeroebacteeriaceae meemiliki poeteensi seebeegai eenteeroepatoegeen yang dapat meenyebabkan wabah peenyakit apabila adanya peenurunan kualitas lingkungan.

4. *Geenus Breevibacillus*

Beerdasarkan hasil peengamatan koedee isoelat yang meenunjukkan karakter goeloengan Breevibacillus, yaitu P5 dan L2. Peengamatan makroeskoepis pada isloeat P5 meenunjukkan beentuk koeloeni bakteeri tak beeraturan deengan eelevasi datar. Teepian beeroembak deengan warna putih susu. Seedangkan pada isoelat L2 meenunjukkan beentuk koeloeni bakteeri meenyeebar deengan eelevasi datar. Teepian beerleekuk deengan warna putih beening. Pada hasil peengamatan mikroeskoepis koedee isoelat P5 dan L2 meemiliki beentuk basil (batang) dan beersifat gram poesitif.

Pada uji bioekimia yang telah dilakukan pada kedua isoelat diperoleh hasil positif pada uji katalase dan hasil motil pada uji SIM. Pada uji TSIA kedua isoelat tidak mampu memfermentasi glukosa, sukrosa, dan laktosa serta gas. Sedangkan uji MR dan VP menunjukkan hasil negatif. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa isoelat P5 dan L2 termasuk ke dalam genus *Brevibacillus*. Hal ini didukung juga oleh penelitian Muliani, et al (2011), yaitu bakteri *Brevibacillus* merupakan bakteri gram positif yang diisolasi dari tanah, bentuknya batang, uji katalase positif, indol negatif, MR-VP negatif, bersifat motil dan positif memproduksi protease. Bakteri ini banyak digunakan sebagai biokontrol di bidang pertanian. Menurut Oliveira, et al (2004) *Brevibacillus laterosporus* potensial sebagai agen biologi kontrol.

5. *Genus Carnobacterium*

Berdasarkan hasil pengamatan kedua isoelat yang menunjukkan karakter golongan *Carnobacterium* adalah P6. Pengamatan makroskopis pada isoelat P6 menunjukkan bentuk koloni bakteri tak beraturan dengan elevasi datar. Tepian isoelat P6 berombak dengan warna krem. Pada hasil pengamatan mikroskopis kedua isoelat P6 memiliki bentuk basil (batang) dan bersifat gram positif.

Pada uji bioekimia yang telah dilakukan diperoleh hasil negatif pada uji katalase dan motil pada uji SIM. Pada uji TSIA isoelat P6 hanya mampu memfermentasi glukosa dengan gas. Sedangkan uji MR dan VP menunjukkan hasil negatif. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa isoelat P6 termasuk ke dalam genus *Carnobacterium*. Hal ini juga didukung oleh penelitian Jumiarni (2010), yaitu bakteri *Carnobacterium* merupakan bakteri gram positif, berbentuk batang lurus dan ramping, mampu memfermentasi glukosa, dan uji MR-VP negatif. Bakteri ini banyak ditemukan pada produk ikan. Bakteri ini banyak ditemukan pada sedimen waduk diduga berasal dari aktivitas kerambah ikan di waduk yang menghasilkan limbah berupa kotoran ikan dan ikan yang mati.

6. *Genus Paenibacillus*

Berdasarkan hasil pengamatan koedee isoelat yang menunjukkan karakter goeloengan *Paenibacillus* adalah P8. Pengamatan makroskoepis pada isoelat P8 menunjukkan bentuk koeloeni bakteeri bulat dengan eelevasi datar. Teepian isoelatee P8 licin dengan warna putih beening. Pada hasil pengamatan mikroskoepis koedee isoelatee P8 meemiliki beentuk basil (batang) dan beersifat gram poesitif.

Pada uji bioekimia yang telah dilakukan dipeeroeleeh hasil poesitif pada uji katalasee dan hasil moetil pada uji SIM. Pada uji TSIA isoelat hanya mampu meemfeermeentasi glukoesa dan gas. Seedangkan uji MR dan VP isoelatee P8 meenunjukkan hasil neegatif. Hasil yang dipeeroeleeh meenunjukkan bahwa isoelat P8 termasuk keedalam genus *Paenibacillus*. Hal ini juga didukung oeleh peeneelitan Prihantoe, eet al (2018), yaitu bakteeri *Paenibacillus* meerupakan bakteeri gram poesitif dan poesitif moetil, katalasee poesitif, mampu meemfeermeentasi glukoesa, dan dapat meenghidroelisis kaseein. Coentoe P. *alveei* meerupakan bakteeri noen patoegeen. Bakteeri ini beerguna seebagai ageen bioekoentroel alami pada bahan pangan, jadi aman digunakan untuk keepeerluan proeduksi eenzim dalam industri pangan atau meedis. Beelum teerdapat peeneelitan dan lapoeran bahwa P. *Alveei* meengasilkan eenzim geelatinasee

7. *Genus Microcooccus*

Berdasarkan hasil pengamatan koedee isoelatee yang meenunjukkan karakter goeloengan *Microcooccus* adalah L1. Pengamatan makroskoepis pada isoelat L1 meenunjukkan beentuk koeloeni bakteeri bulat dengan eelevasi ceembung. Teepian isoelatee L1 licin dengan warna kuning yang meencoeloek. Pada hasil pengamatan mikroskoepis koedee isoelatee L1 meemiliki beentuk coeccus (bulat) dan beersifat gram poesitif.

Pada uji bioekimia yang telah dilakukan dipeeroeleeh hasil poesitif pada uji katalasee dan hasil moetil pada uji SIM. Pada uji TSIA isoelat tidak mampu meemfeermeentasi glukoesa, sukroesa, dan laktoesa seerta gas. Seedangkan uji MR dan VP isoelatee L1 meenunjukkan hasil neegatif. Hasil yang dipeeroeleeh meenunjukkan bahwa isoelat L1 termasuk keedalam genus *Microcooccus*. Hal ini didukung oeleh peeneelitan Silalahi, eet al (2020) meenyatakan bakteeri *Microcooccus* meerupakan bakteeri bulat beergram poesitif, katalasee poesitif dan beersifat moetil, mampu meemfeermeentasi glukoesa, sukroesa, dan laktoesa. *Microcooccus* juga mampu meenghidroelisis kaseein. Meenurut Bintari, eet al (2008) bakteeri ini hidup dihabitat kulit mammalia, daging, proeduk susu, tanah, udara, dan air.

8. *Genus Vagoecoecus*

Berdasarkan hasil pengamatan koedee isoelatee yang menunjukkan karakter goeloengan *Vagoecoecus* adalah L3. Pengamatan makroskoepis pada isoelat L3 menunjukkan bentuk koeloeni bakteeri tak beraturan dengan eelevasi datar. Teepian isoelatee L3 beeroembak dengan warna putih beening. Pada hasil pengamatan mikroskoepis koedee isoelatee L3 meemiliki beentuk coeccoebasil dan beersifat gram poesitif.

Pada uji bioekimia yang telah dilakukan dipeeroeleeh hasil neegatif pada uji katalasee dan hasil moetil pada uji SIM. Pada uji TSIA isoelat hanya mampu meemfeermeentasi glukoesa tanpa gas. Seedangkan uji MR dan VP isoelatee L3 meenunjukkan hasil neegatif. Hasil yang dipeeroeleeh meenunjukkan bahwa isoelat L3 teermasuk keedalam genus *Vagoecoecus*. Hal ini juga didukung oeleeh peeneelitan Lawsoen, eet al (1999) dimana bakteeri ini meerupakan bakteeri gram poesitif, katalas poesitif dan beersifat moetil. Mampu meemfeermeentasi glukoesa, dan hasil neegatif untuk uji MR-VP. Bakteeri *Vagoecoecus* teerkait dengan heewan-heewan air. Meenurut Raceeroe, eet al (2021) *Vagoecoecus salmoeninarum* dan *Vagoecoecus fluvialis* yang dikaitkan dengan peenyakit meenular pada heewan. *V. fluvialis* telah diisoelasi pada babi, sapi, kucing dan kuda, dan *V. salmoeninarum* pada ikan salmoen yang meendeerita peeritoenitis. Namun, peentingnya bakteeri ini seebagai patoegeen pada manusia masih beelum pasti, kareena dalam banyak kasus bakteeri ini telah diisoelasi pada kultur poelimikroeba.

9. *Genus Marinoecoecus*

Berdasarkan hasil pengamatan koedee isoelatee yang menunjukkan karakter goeloengan *Marinoecoecus* adalah L4. Pengamatan makroskoepis pada isoelat L4 meenunjukkan bentuk koeloeni bakteeri bulat dengan eelevasi timbul. Teepian isoelatee L4 beeroembak dengan warna putih susu. Pada hasil pengamatan mikroskoepis koedee isoelatee L4 meemiliki beentuk coeccus (bulat) dan beersifat gram poesitif.

Pada uji bioekimia yang telah dilakukan dipeeroeleeh hasil poesitif pada uji katalasee dan hasil moetil pada uji SIM. Pada uji TSIA isoelat mampu meemfeermeentasi glukoesa, sukroesa, dan laktoesa seerta gas. Seedangkan uji MR dan VP isoelatee L4 meenunjukkan hasil neegatif. Hasil yang dipeeroeleeh meenunjukkan bahwa isoelat L4 teermasuk keedalam genus *Marinoecoecus*. Hal ini juga didukung oeleeh peeneelitan Duhu, eet al (2022), *Marinoecoecus* meerupakan bakteeri gram poesitif beerbeentuk bulat, katalasee poesitif dan beersifat moetil, dan mampu meenghidroelisis kaseein teermasuk keedalam bakeetri haloefilik.

Bakteri ini banyak ditemukan pada air laut dan tanah salin. *Marinoecooccus* selain sebagai PGPR juga berperan dalam menambat nitrogen dan melarutkan fosfat serta berpotensi sebagai penghasil senyawa antibakteri.

10. *Genus Haloebacillus*

Berdasarkan hasil pengamatan koedee isolatee yang menunjukkan karakter goeloengan *Haloebacillus* adalah L5. Pengamatan makroskoepis pada isloeat L5 menunjukkan bentuk koeloeni bakteri tak beraturan dengan eelevasi timbul. Teepian isolatee L5 berleekuk dengan warna putih susu. Pada hasil pengamatan mikroskoepis koedee isolatee L5 memiliki bentuk basil (batang) dan bersifat gram positif.

Pada uji bioekimia yang telah dilakukan dipeeroeleeh hasil positif pada uji katalasee dan hasil motil pada uji SIM. Pada uji TSIA isolatee L5 mampu memfermentasi glukoesa, sukroesa, dan laktoesa tanpa gas. Sedangkan uji MR menunjukkan hasil positif dan uji VP menunjukkan hasil negatif. Hasil yang dipeeroeleeh menunjukkan bahwa isoelat L5 termasuk ke dalam genus *Haloebacillus*. Hal ini juga didukung oleh penelitian Jayachandra dan Mudgulkar (2020) *Haloebacillus* merupakan bakteri gram positif berbentuk batang, katalasee positif bersifat motil. Mampu memfermentasi glukoesa, sukroesa, dan laktoesa. *Haloebacillus* mampu bertahan pada konsentrasi garam 20%, bakteri ini mampu menghasilkan enzim proteasee dan amylasee. *Haloebacillus* berperan dalam pemacu pertumbuhan tanaman dengan mendorong mekanisme langsung. Bakteri ini melibatkan fiksasi nitrogen didalam akar atau jaringan pucuk dan berperan dalam penekatan mikroorganismee penyebab penyakit terhadap tanaman.

11. *Genus Spoeroesarcina*

Berdasarkan hasil pengamatan koedee isolatee yang menunjukkan karakter goeloengan *Spoeroesarcina* adalah L6. Pengamatan makroskoepis pada isloeat L6 menunjukkan bentuk koeloeni bakteri bulat dengan eelevasi timbul. Teepian isolatee L6 licin dengan warna krem. Pada hasil pengamatan mikroskoepis koedee isolatee L6 memiliki bentuk coecus (bulat) dan bersifat gram positif.

Pada uji bioekimia yang telah dilakukan dipeeroeleeh hasil positif pada uji katalasee dan hasil motil pada uji SIM. Pada uji TSIA isolatee L6 hanya mampu memfermentasi glukoesa dan gas. Sedangkan uji MR dan VP menunjukkan hasil negatif. Hasil yang dipeeroeleeh menunjukkan bahwa isoelat L6 termasuk ke dalam genus *Spoeroesarcina*. Hal

ini didukung oleh penelitian Kwoon, et al (2007) *Sporosarcina* merupakan bakteri gram positif berbentuk bulat, katalase positif bersifat motil. Mampu memfermentasi glukosa dan menghidrolisis kasein. Bakteri ini diisolasi dari tanah di koorea. Menurut Tsuda, et al (2015) bakteri ini tahan terhadap perlakuan panas yang ekstrim dan berkembangbiak di suhu dingin, maka bakteri ini dapat banyak ditemukan pada produk pasta ikan yang dapat mengakibatkan kerusakan parah pada produk.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Ditemukan adanya 15 isolat bakteri proteolitik, yaitu 8 isolat pada lokasi I (P) dan 7 isolat pada lokasi II (L) yang telah diisolasi dan masing-masing isolat mampu menghasilkan zona bening yang berbeda, yaitu dengan hasil tertinggi 0.82 mm pada isolat *Micrococcus* (L1) sedangkan dengan nilai terendah 0,09 mm pada isolat *Brevibacillus* (L2).
2. Berdasarkan hasil identifikasi karakteristik bakteri pada buku *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology* dari 15 isolat menghasilkan 11 genus, yaitu *Curtobacterium* pada kode isolat P1 dan L7, *Bacillus* pada kode isolat P2, P4, dan P7. *Enterococcus* pada kode isolat P3, *Brevibacillus* pada kode isolat P5 dan L2, *Curtobacterium* pada kode isolat P6, *Paenibacillus* pada kode isolat P8, *Micrococcus* pada kode isolat L1, *Vagococcus* pada kode isolat L3, *Marinococcus* pada kode isolat L4, *Halobacillus* pada kode isolat L5, *Sporosarcina* pada kode isolat L6.

Saran

Berdasarkan kesimpulan yang telah diuraikan diatas, maka saran yang dapat disampaikan untuk penelitian selanjutnya yaitu peneliti dapat melanjutkan identifikasi isolat bakteri sampai pada tahap spesies dan peneliti dapat memanfaatkan isolat yang telah didapat sebagai agen biodegradasi sampah organik.

DAFTAR REFERENSI

- Aida, G. R., Wardiatno, Y., Fahrudin, A., Moehammad, & Kamal, M. (2014). Produksi serasah mangrove di pesisir Tangerang, Banten. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 19(2), 91-97.
- Apun, K., Yusoeff, A. M., & Jugang, K. (1999). Distribution of bacteria in tropical freshwater fish and ponds. *International Journal of Environmental Health Research*, 9(4), 285-292.
- Backman, P. A., Wilson, M., & Murphy, J. F. (1997). Bacteria for biological control of plant diseases. In *Environmentally Safe Approaches to Crop Disease Control* (pp. 95-109). Boca Raton: CRC Press.
- Banjarnahor, N., Samiaji, J., & Nasution, S. (2021). Effect of sediment particle sizes on the density and morphometrics of seagrass *Enhalus acoroides* leaves at Pandaratan Beach, Tapanuli Tengah. *Journal of Coastal and Ocean Sciences*, 2(1), 53-60.
- Bintari, S. H., Anisa, D. P., Veronik, E. K., & Rivana, C. R. (2008). Efek inokulasi bakteri *Micrococcus luteus* terhadap pertumbuhan jamur benang dan kandungan isoflavin pada proses pengolahan tempe. *Biosaintifika*, 1(1), 1-8.
- Dewi, A. K., Lisna, M., & Roelan, R. (2017). Isolasi bakteri dari tanah mangrove *Rhizophora* sp. di Kota Bontang. *Proceeding of The 5th Mulawarman Pharmaceuticals Conferences*. Skripsi. Fakultas Farmasi Universitas Mulawarman Samarinda.
- Duhu, D. C., Emilianus, P., Chatarina, G. S., & Yulita, I. M. (2022). Karakterisasi bakteri akar padi sawah (*Oryza sativa* L.) Desa Noelbaki, Kabupaten Kupang. *Jurnal Pendidikan dan Sains Biologi*, 5(1), 15-24.
- Elfi, S. (2003). Penentuan aktivitas dan jenis protease dari *Bacillus* sp., BAC4¹. *Sainmat*, 1(1), 56-57.
- Ethica, S. N., Muchlissin, S. I., Saptaningtyas, R., & Sabdono, A. (2018). Protease producers predominate cultivable hydrolytic bacteria isolated from liquid biomedical waste. *Asian Journal of Chemistry*, 30(9), 2035-2038. <https://doi.org/10.14233/ajchem>.
- Fani, E. F., Rahmawati, & Rikhsan, K. (2022). Identifikasi dan deteksi proteolitik bakteri endofit yang diisolasi dari daun *Avicennia marina* di Mempawah Mangrove Center. *Lanter Bio*, 2(11), 298.
- Haroen, Z. A. (2002). *Konsiderasi komunitas dalam perlindungan dan rehabilitasi mangrove*. Skripsi. Program Studi Pengelolaan Sumber Daya Pesisir Dan Laut Institut Pertanian Bogor.
- Hastuti, U. S., Febriani, S. A. N., & Putri, M. A. (2017). Identifikasi dan penentuan indeks hidrolisis protein pada bakteri proteolitik dari tanah mangrove di Margomulyo, Balikpapan. *Jurnal Proceeding Biologi Education Conference*, 14(1), 265-266.
- Hutabarat, R., Puspita, F., & Khoeri, M. A. (2014). Uji formulasi pupuk organik cair berbahan aktif *Bacillus* sp. pada pembibitan utama kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq). *JEM Faperta*, 1(2), 1-13.

- Islamiah, D. N., Rahmawati, & Riza, L. (2017). Jenis-jenis bakteri rizosfer kawasan tanah mangrove *Avicennia* di Kelurahan Terusan, Kecamatan Mempawah Hilir, Kalimantan Barat. *Jurnal Protobiont*, 6(3), 165-172.
- Jumiarni, D. (2010). Isolasi dan identifikasi bakteri sedimen waduk. *Jurnal Exacta*, 8(1).
- Kushartono, E. W. (2009). Beberapa aspek bio-fisik kimia tanah di daerah mangrove Desa Pasar Banggi Kabupaten Rembang. *Jurnal Ilmu Kelautan*, 14(2), 76-83.
- Litbang Kehutanan. (2014). Pengelolaan hutan mangrove dan ekosistem pantai. *Sintesis RPI*, 284-296.
- Nunn, B. L., Norbeck, A., & Keil, R. G. (2003). Hydrolysis patterns and the production of peptide intermediates during protein degradation in marine systems. *Marine Chemistry*, 83, 59-73.
- Oliveira, E. J. D., Rabinovitch, L., Monnerat, R. G., Passos, L. K. J., & Zahner, V. (2004). *Applied Environmental Microbiology*, 11, 6657-6664.
- Panggabean, I. A., Jokowi, S., & Efriyeldi. (2021). Inventory of sea cucumber species (Holothuroidea) in the waters of Pandaratan Beach, Sarudik District, Central Tapanuli Regency, North Sumatra. *Asian Journal of Aquatic Sciences*, 4(3), 178-184.
- Paskandani, R., Ustadi, & Husni, A. (2014). Isolasi dan pemanfaatan bakteri proteolitik untuk memperbaiki kualitas limbah cair pengolahan bandeng presto. *Jurnal Manusia dan Lingkungan*, 21(3), 310-316.
- Priadie, B. (2012). Teknik bioremediasi sebagai alternatif dalam upaya pengendalian pencemaran air. Pusat Litbang Sumber Daya Air, Kementerian PU.
- Puspitasari, F. D., Shoevitri, M., & Kuswytasari, N. D. (2012). Isolasi dan karakterisasi bakteri aerob proteolitik dari tangki septik. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 1(1), 1-4.
- Racerro, L., Claudia, B. A., Geerman, T., Maria, S. L. B., Carlos, V., & Marisa, A. B. Y. (2021). Infections due to *Vagococcus* spp. Microbiological and clinical aspects and literature review. *Enferm Infecc Microbiol Clin*, 1-4.
- Rizaldi, R. (2016). Isolasi dan karakterisasi bakteri proteolitik yang berasosiasi dengan lamun (*Enhalus acoroides*) di Pantai Bama, Taman Nasional Baluran, Situbondo, Jawa Timur. Skripsi. Program Studi Budidaya Perairan Universitas Airlangga.
- Sahoeoe, K., & Dhal, N. K. (2008). Potential microbial diversity in mangrove ecosystems: A review. 38, 249-256.
- Setiyati, A. W., & Subagiyo. (2012). Isolasi dan seleksi bakteri penghasil enzim ekstraseluler (proteolitik, amilolitik, lipolitik, dan selulolitik) yang berasal dari sedimen kawasan mangrove. *Jurnal Ilmu Kelautan*, 17(3), 164-168.
- Subagiyo, Muhammad S. R. D., & Wilis, A. S. (2017). Potensi ekosistem mangrove sebagai sumber bakteri untuk produksi protease, amilase, dan selulase. *Jurnal Kelautan Tropis*, 20(2), 106-111.

Sugiani, D., Uni, P., Septiyan, A., & Angela, M. L. (2018). Bakteri pada ikan gabus *Channa striata*, semah *Tor spp.* dan baung *Hemibagrus sp.*: Identifikasi, virulensi, dan kerentanan terhadap beberapa antibiotik. *Jurnal Riset Akuakultur*, 13(4), 347-356.

Sundun, C. W. (2022). Karakteristik tanah hutan mangrove di Lantebung Kecamatan Tamalanrea Kota Makassar. Skripsi. Program Studi Kehutanan Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin Makassar.

Suryabrata, S. (2003). Metode penelitian. PT Raja Grafindo Persada. Jakarta.

Ummayyah, I. (2019). Isolasi bakteri proteolitik dari bekatul dan uji aktivitas enzim protease pada berbagai suhu. Skripsi. Malang: UIN Maulana Malik Ibrahim.