

Skrining dan Determinasi Bakteri Selulolitik Potensial dari Ekosistem Mangrove

Screening and Determination of Potential Cellulolytic Bacteria from Mangrove Ecosystem

Umami Mardhiah Batubara^{1*}, Suparjo², Hasna Ul Maritsa³, Eko Pujiyanto³,
Meli Herlini³

¹Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Riau
Kampus Bina Widya KM. 12,5 Simpang Baru, Kec. Tampan, Kota Pekanbaru 28293

²Jurusan Peternakan, Fakultas Peternakan, Universitas Jambi

³Jurusan Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi

Jl. Jambi - Muara Bulian No.KM. 15, Mendalo Darat, Kec. Jambi Luar Kota, Jambi 36361

*email: ummimardhiah@lecturer.unri.ac.id

Abstrak

Diterima
15 Mei 2022

Disetujui
10 Juni 2022

Ekosistem mangrove merupakan sumberdaya lahan basah wilayah pesisir yang memiliki keragaman biodiversitas seperti flora, fauna dan mikroorganisme. Mikroba sebagai komponen penting di lingkungan mangrove tidak hanya berperan dalam menciptakan dan memelihara biosfer, namun juga berfungsi sebagai sumber produk bioteknologi. Bakteri selulolitik adalah kelompok bakteri penghasil selulase yang memiliki kemampuan untuk mengurai selulosa menjadi monomer glukosa, dan menjadikannya sebagai sumber karbon dan energi. Penelitian ini bertujuan untuk menskrining dan mendeterminasi keragaman bakteri selulolitik yang berasal dari ekosistem mangrove. Metode penelitian dilakukan secara eksperimental dengan mengisolasi bakteri selulolitik dari tanah dan sedimen yang berasal dari ekosistem mangrove. Tiga lokasi pengambilan sampel dipilih yaitu tanah serasah, tanah di daerah perakaran dan tanah daerah pasang surut. Skrining bakteri potensial penghasil enzim selulase dilakukan dengan menumbuhkan bakteri pada media agar Carboxy Methyl Cellulose Agar (CMCA) yang dikultur selama 48 jam pada suhu 37°C. Bakteri yang menghasilkan aktifitas selulolitik terbesar kemudian dikarakterisasi ciri morfologis dan sifat fisiologisnya. Hasil karakterisasi bakteri selanjutnya disesuaikan dengan kunci identifikasi berdasarkan Bergeys's Manual of Determinative Bacteriology. Hasil determinasi yang dilakukan menunjukkan bahwa keenam isolat yang telah diskriming memiliki karakteristik yang sama dengan genus Bacillus, Cellulomonas, Lactobacillus dan Micrococcus. Berdasarkan hasil analisis indeks aktivitas selulolitik diperoleh tiga isolat bakteri yang memiliki indeks aktivitas selulolitik terbesar yaitu MS06 (9,73), MS03 (6,30), dan MS08 (5,41).

Kata Kunci: Selulase, Selulosa, Selulolitik, Wilayah pesisir, Ekosistem mangrove

Abstract

Mangrove ecosystem is a coastal wetland has biodiversities such as flora, fauna, and microorganisms. Microorganisms are an important component in the mangrove ecosystem and have many roles, including source the nutrition, decomposer, and a source of biotechnology products. Cellulolytic bacteria are a group of cellulase-producing bacteria capable of breaking down cellulose into glucose monomers. This study aims to screen and determine the diversity of cellulolytic bacteria from the mangrove ecosystem. The research method has been experimental by exploring the cellulolytic bacteria in soil and sediment from the mangrove ecosystem. Three sampling locations were selected such as the litter soil, soil in the root, and soil in the tidal area. The screened of potential bacteria-producing cellulase was obtained

by bacteria growth on Carboxy Methyl Cellulose (CMC) agar medium. The isolates were cultured for 48 hours at 37°C. Then, the bacteria that produced the cellulolytic activity were characterized by morphological and physiological characteristics. The results were adjusted according to Bergey's Manual of Determinative Bacteriology. The determination showed that six isolates had the same characteristics as *Bacillus*, *Cellulomonas*, *Lactobacillus*, and *Micrococcus*. The cellulolytic activity index showed that three isolates were sequentially MS06 (9,73), MS03 (6,30), and MS08 (5,41).

Keyword: Cellulase, Cellulose, Cellulolytic, Coastal Areas, Mangrove Ecosystem

1. Pendahuluan

Desa Kuala Simbur merupakan salah satu wilayah pesisir yang memiliki produktivitas mangrove yang relatif tinggi. Ekosistem mangrove memiliki kandungan tanah yang kaya akan bahan organik. Kandungan bahan organik yang terdapat di dalam tanah berasal dari daun-daun tanaman mangrove yang gugur sepanjang tahun. Daun-daun ini lama-kelamaan menumpuk dan bersatu dengan tanah. Salah satu sumber bahan organik yang dimanfaatkan sebagai nutrisi bagi sebagian besar mikroorganisme adalah serasah mangrove. Serasah yang tertimbun pada tanah selanjutnya terdekomposisi sehingga menghasilkan mineral dan nutrisi yang berperan dalam kesuburan tanah.

Ekosistem mangrove adalah wilayah pesisir yang menyimpan beragam plasma nutfah salah satunya adalah bakteri selulolitik. Bakteri selulolitik merupakan kelompok mikroorganisme yang memiliki kemampuan menghidrolisis kompleks selulosa menjadi glukosa karena menghasilkan selulase. Bakteri selulolitik mendegradasi selulosa yang terdapat pada daun, terutama pada dedaunan yang tertimbun lumpur mangrove. Hasil hidrolisis selulosa selanjutnya digunakan sebagai sumber karbon dan energi di dalam sel (Biswas *et al.*, 2020).

Salah satu potensi bakteri selulolitik dan aktivitas selulase adalah pemanfaatannya dalam berbagai bidang industri. Nababan *et al.* (2019) melaporkan bahwa aktivitas selulase digunakan untuk proses hidrolisis enzimatis lignoselulosa menjadi glukosa dan sebagai bahan baku fermentasi. Selulase juga digunakan dalam biokonversi limbah organik yang mengandung selulosa menjadi glukosa. Glukosa yang dihasilkan dapat dimanfaatkan sebagai salah satu bahan baku dalam pembuatan bioetanol. Selain itu, pemanfaatan selulase juga telah diterapkan dalam bidang industri *pulp* dan kertas untuk modifikasi serat dan penghilangan warna. Pada bidang tekstil selulase juga dilaporkan telah dimanfaatkan sebagai *biopolishing* kain dan deterjen yang digunakan untuk kelembutan dan kecerahan kain (Gao *et al.*, 2014).

Selulase tergolong biokatalisator yang berperan sebagai katalis dalam proses hidrolisis selulosa menjadi rantai selulosa sederhana (oligosakarida) yang kemudian diubah menjadi glukosa. Selulase merupakan nama kelompok enzim yang memutuskan ikatan glikosidik β -1,4 didalam selulosa. Selulase terdiri dari enzim-enzim yang bekerjasama secara sinergis untuk menghidrolisis selulosa (Shadu, 2013). Beberapa genus bakteri selulolitik penghasil selulase yang telah dilaporkan sebelumnya yaitu *Bacillus*, *Clostridium*, dan *Pseudomonas* (Maulani *et al.*, 2016; Chantarasiri, 2015). Akan tetapi, eksplorasi bakteri selulolitik yang berasal dari Desa Kuala Simbur masih belum dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk menskrining dan mendeterminasi bakteri selulolitik potensial dari ekosistem mangrove di Desa Kuala Simbur. Dengan demikian, pemanfaatan bakteri selulolitik lokal dapat lebih maksimal dilakukan

2. Bahan dan Metode

2.1. Waktu dan Tempat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain sampel tanah mangrove, media uji *Carboxymethyl Cellulose Agar* (CMCA), *Sulfide Indol Motility (SIM)*, *Triple Sugar Iron Agar (TSIA)*, *Mac-Conkey Agar (MCA)*, larutan H₂O₂ 3 %, kristal violet, lugol, aseton alkohol, safranin, congo red, alkohol 70%, spritus, akuades dan imersion oil.

2.2. Pengambilan Sampel

Sampel tanah diperoleh dari ekosistem mangrove yang terletak di desa Kuala Simbur. Sampel tanah diambil sebanyak 5 g pada kedalaman 20 cm di bawah permukaan tanah. Setelah sampel diperoleh selanjutnya dilakukan pengukuran faktor fisik dan kimia tanah yang meliputi salinitas, kelembaban, pH dan suhu tanah. Sampel yang diperoleh kemudian dibawa ke laboratorium mikrobiologi untuk pengujian lebih lanjut.

2.3. Skrining Bakteri Selulolitik

Proses skrining bakteri selulolitik dilakukan dengan menggunakan media selektif CMCA. Sampel tanah yang akan diuji selanjutnya diencerkan hingga mencapai 10^{-8} lalu sebanyak 0,1 ml sampel diinokulasikan pada permukaan media CMCA. Proses inkubasi dilakukan pada suhu 37°C selama 3 hari. Bakteri yang tumbuh pada permukaan media CMCA kemudian dideteksi kemampuan seluloliticnya dengan diteteskan pewarna congo red. Kelompok bakteri yang memiliki kemampuan selulolitik akan membentuk zona hidrolisis pada permukaan media. Penentuan indeks selulolitik dilakukan dengan menghitung nisbah antara diameter zona bening terhadap diameter koloni. (Meryandini *et al.*, 2009).

2.4. Karakteristik Ciri Morfologi

Karakterisasi ciri morfologi dilakukan secara langsung dengan mengamati permukaan koloni bakteri selulolitik yang meliputi ukuran, warna, permukaan, bentuk, tepi dan elevasi koloni. Data karakterisasi selanjutnya dicatat dan digunakan sebagai salah satu dasar dalam melakukan determinasi bakteri selulolitik (Capuccino, 1992).

2.5. Karakteristik Ciri Fisiologis

Karakterisasi sifat fisiologis dilakukan untuk mendeteksi potensi biokimia isolat bakteri selulolitik. Beberapa uji yang dilakukan meliputi uji pewarnaan Gram, bentuk dan penataan sel bakteri, uji fermentasi gula, uji sitrat, uji katalase, uji sulfur, uji indol dan uji motilitas bakteri (Capuccino, 1992).

2.6. Determinasi Bakteri Selulolitik

Proses determinasi bakteri selulolitik dilakukan setelah diperoleh data karakterisasi ciri morfologi dan sifat fisiologis isolat bakteri selulolitik. Penentuan genus spesies selanjutnya di tentukan dengan mengacu pada buku *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology* (Holt *et al.*, 1994).

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pengukuran Faktor Fisik dan Kimia Tanah

Ekosistem mangrove merupakan salah satu kawasan perairan yang memiliki kandungan senyawa organik yang melimpah. Tiga lokasi pengambilan sampel ditentukan yaitu 1) tanah serasah, 2) tanah di daerah perakaran dan 3) tanah daerah pasang surut. Hasil pengukuran faktor fisik dan kimia tanah diperoleh nilai yang bervariasi. Secara lengkap data ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengukuran faktor fisik dan kimia tanah

Lokasi pengambilan sampel	Kelembaban tanah (%)	pH tanah	Suhu tanah ($^{\circ}\text{C}$)	Salinitas perairan (%)
1	45	6,1	29	2
2	45	6,5	32	
3	30	6,6	31	

Dari hasil analisis yang dilakukan terlihat bahwa ketiga lokasi pengambilan sampel memiliki kondisi lingkungan yang tidak berbeda nyata. Kelembaban tanah berkisar antara 30-45%. Nilai ini menunjukkan bahwa, kondisi kelembaban tanah mangrove didominasi oleh bagian yang berlumpur. Umumnya, lumpur tanah mangrove akan menimbun serasah hingga terjadi proses dekomposisi yang dilakukan oleh beragam mikroorganisme pengurai salah satunya bakteri selulolitik (Kurniawan, 2019).

Selain kelembaban, suhu tanah juga menjadi faktor utama kelimpahan mikroorganisme di ekosistem mangrove. Hasil pengukuran yang dilakukan di tiga lokasi terlihat bahwa kisaran suhu tanah mencapai $29-32^{\circ}\text{C}$. Menurut (Rudiansyah, 2017) Suhu optimum pertumbuhan bakteri di permukaan dan di dalam tanah memiliki perbedaan. Hal ini yang selanjutnya akan mempengaruhi jumlah populasi mikroorganisme pengurai. Rahmawati (2017) menambahkan bahwa kelompok bakteri selulolitik secara umum dapat ditemukan pada kisaran suhu $27-36^{\circ}\text{C}$ dan mampu melakukan aktivitas degradasi dengan hasil yang relatif tinggi.

Hasil pengukuran salinitas untuk ketiga lokasi diperoleh nilai yang sama yaitu 2%. Hal ini diduga karena lokasi pengambilan sampel tanah masih terletak pada satu garis pantai yang sama. Menurut Naresh *et al* (2019) beberapa mikroorganisme tanah mangrove hanya tumbuh pada salinitas sempit yaitu berkisar antara 1-5%. Namun demikian, ada pula beberapa kelompok bakteri yang mampu hidup pada salinitas yang sangat luas dengan kisaran 15-25%. pH tanah merupakan satu-satunya faktor kimia yang dianalisis. Dari pengukuran yang dilakukan pada tiga lokasi diperoleh hasil dengan kisaran pH 6,1-6,6. Menurut Sinatrayani (2014) pH tanah optimum untuk pertumbuhan bakteri yaitu kisaran 6-7. Dengan demikian, Nilai pH tanah mangrove yang digunakan sebagai sampel masih tergolong optimum dan sangat produktif untuk pertumbuhan bakteri pengurai.

3.2. Skринing Bakteri Selulolitik

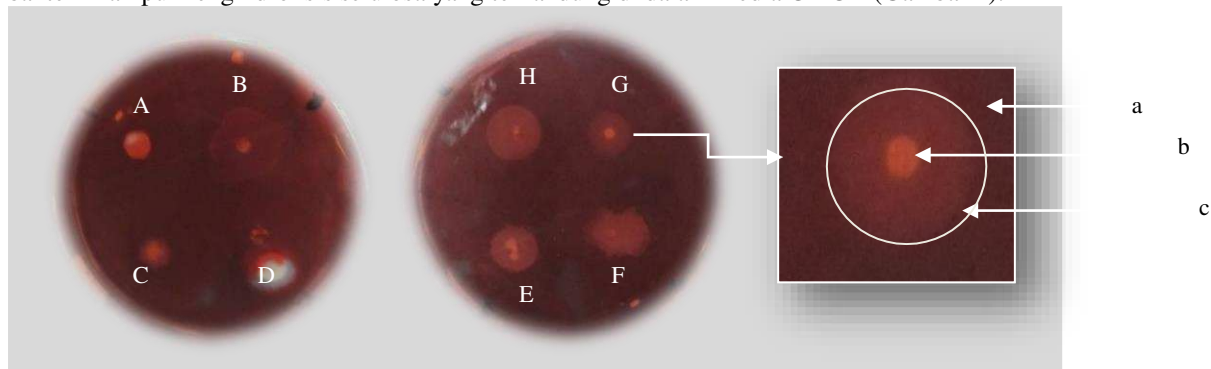
Untuk mendapatkan isolat-isolat potensial yang berasal dari ekosistem mangrove maka dilakukan proses skринing dan pemurnian isolat. Dari hasil skринing yang dilakukan dengan menggunakan media selektif CMCA diperoleh 8 isolat yang berasal dari 3 lokasi berbeda yaitu: MS01, MS02, MS03, MS04, MS05, MS06, MS07, dan MS08. Secara rinci hasil skринing terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil skринing bakteri selulolitik

Lokasi pengambilan sampel	Kode isolat	Pengamatan ciri morfologi koloni					
		Bentuk	Tepi	Elevasi	Permukaan	Warna	Ukuran
1	MS02	Bulat	rata	datar	halus	putih susu	kecil
	MS07	Bulat	bergelombang	datar	halus	putih susu	kecil
	MS08	Bulat	bergelombang	datar	berkerut	putih susu	kecil
2	MS01	Bulat	rata	datar	halus	putih susu	kecil
	MS03	Tidak beraturan	bergelombang	datar	halus	putih susu	titik
	MS05	bulat	berlekuk	datar	halus	putih susu	kecil
3	MS06	tidak beraturan	berlekuk	datar	halus	putih susu	kecil
	MS04	Bulat	rata	datar	halus	putih susu	titik

Berdasarkan Tabel 1. menunjukkan bahwa lokasi pengambilan sampel menjadi salah satu faktor penentu kelimpahan isolat. Dari hasil skринing yang dilakukan, jumlah isolat terbanyak diperoleh dari lokasi pengambilan sampel ke-2 yaitu tanah di daerah perakaran. Tingginya jumlah kelimpahan isolat diduga karena jumlah bahan organik atau nutrisi yang lebih banyak dibandingkan dengan lokasi pengambilan sampel ke-1 dan ke-3. Menurut Batubara (2021) daerah *rhizosfer* atau daerah lapisan tanah tempat perakaran tanaman ini kaya akan nutrisi baik yang berasal dari eksudat akar atau aktivitas organisme lain dalam tanah. Selain itu, tempat pengambilan sampel tanah di bawah perakaran tanaman juga terdapat banyak tumpukan serasah. Umumnya bakteri mendominasi pada daerah *rhizosfer*, pada daerah *rhizosfer* terdapat bakteri yang bersimbiosis dengan perakaran tanaman. Menurut Barzkar and Muhammad (2020) aktivitas bakteri selulolitik dalam mengurai bahan organik yang tinggi selain dipengaruhi oleh faktor lingkungan, juga memerlukan bantuan dari organisme lain seperti fungi, actinomycetes, alga dan protozoa yang berperan dalam pelapukan sisa-sisa tanaman.

Untuk mendeteksi kemampuan hidrolisis ke-8 isolat selanjutnya dilakukan pengukuran besar zona hidrolisis yang terbentuk pada saat dikultur pada media CMCA. Hasil uji yang dilakukan terlihat bahwa tidak semua isolat bakteri mampu menghidrolisis selulosa yang terkandung di dalam media CMCA (Gambar 1).



Gambar 1. Pembentukan zona hidrolisis bakteri selulolitik (a) media pertumbuhan (b) koloni bakteri dan (c) zona hidrolisis yang terdiri dari *Bacillus* (E, F, H), *Micrococcus* (B), *Cellulomonas* (C) dan *Lactobacillus* (G)

Adanya aktivitas selulolitik ditandai dengan terbentuknya zona hidrolisis disekitar koloni isolat yang ditumbuhkan pada media CMCA setelah diberi pewarna *congo red*. Pewarna *congo red* berikatan dengan selulosa Hasil menunjukkan bahwa dari delapan isolat, hanya enam isolat yang mampu menghasilkan zona hidrolisis. Kemampuan bakteri menghasilkan zona hidrolisis pada media CMCA menandakan bahwa bakteri mampu menghasilkan indeks aktivitas selulase (Tabel 3).

Tabel 3. Hasil indeks aktivitas selulase secara kuantitatif

No	Kode isolat	Indeks aktivitas selulase
1	MS02	5,07
2	MS03	6,30
3	MS05	2,08
4	MS06	9,73
5	MS07	4,07
6	MS08	5,41

Selulosa yang dihidrolisis pada medium CMC Agar, ketika digenangi oleh *congo red* akan menghasilkan zona bening karena adanya reaksi antara *cogored* dan ikatan β -1,4 glikosida yang terkandung polimer selulosa. Selulosa terhidrolisis karena aktivitas enzim selulolitik yang dihasilkan oleh bakteri (Nababan, 2019). Indeks selulolitik tertinggi terdapat pada isolat MS06 genus *Bacillus* MS06 sebesar 9,73. Selanjutnya indeks selulolitik kedua yang tertinggi pada isolat MS03, MS08, MS02 genus *Cellulomonas*, *Bacillus* dan *Micrococcus*. Aktivitas indeks selulolitik terendah terdapat pada isolat MS05 genus *Bacillus* MS05 yaitu sebesar 2,08.

Setiap isolat menghasilkan aktivitas indeks selulolitik yang berbeda, hal ini disebabkan karena adanya kemampuan setiap isolat uji yang berbeda dalam mengurai substrat di medium sebagai sumber karbon untuk pertumbuhannya (Batubara, 2021). Genus masing-masing isolat memiliki ukuran koloni yang berbeda-beda juga. Indeks selulolitik yang terbentuk semakin besar, maka semakin tinggi pula aktivitas selulolitik yang dihasilkan. Isolat MS06 membentuk zona bening lebih tinggi dibandingkan dengan 5 isolat lainnya yaitu sebesar 9,73. Bakteri *Bacillus* ini diduga memiliki kemampuan dalam mengurai bahan organik yang lebih baik dan mampu beradaptasi dengan tanah mangrove.

3.3. Determinasi Bakteri Selulolitik

Berdasarkan hasil karakteristik sifat fisiologis yang dilakukan pada isolat bakteri selulolitik diperoleh sifat biokimia yang beragam dari masing-masing isolat. Isolat MS02 dan MS03 memiliki karakteristik fisiologi hampir sama, namun berbeda pada bentuk koloni dan penataannya. Pada uji katalase positif namun tidak pada uji H_2S . Pada uji fermentasi karbohidrat, keduanya tidak mampu menghidrolisis glukosa, sukrosa dan laktosa. Selain itu, isolat tidak menghasilkan enzim sitrase, terbukti pada uji citrat menunjukkan hasil negatif, sedangkan hasil pada uji Mac-konkey, indol dan sulfid isolat ini menunjukkan hasil negatif. Dari hasil determinasi *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology Nirth Edition* (Holt *et al.*, 1994) berdasarkan ciri morfologi dan sifat fisiologis isolat MS02 dan MS03 menunjukkan adanya kesamaan karakteristik dengan genus *Micrococcus* dan *Cellulomonas* (Tabel 4)

Isolat MS05, MS06, MS08 memiliki karakteristik sifat fisiologis yaitu uji katalase positif namun tidak pada uji H_2S , bentuk koloni basil sedangkan untuk penataan diplobasil. Isolat MS05, MS06, MS08 tidak terbentuk motilitas, sedangkan pada uji indol, sulfid, dan Mac-Konkey menunjukkan hasil negatif. Pada uji fermentasi karbohidrat isolat MS06 dan MS08 hanya mampu menghidrolisis glukosa, sukrosa dan laktosa tidak mampu dihidrolisis sedangkan isolat MS05 tidak mampu menghidrolisis glukosa, sukrosa dan laktosa. Selain itu isolat MS05, MS06, MS08 tidak menghasilkan sitrase, terbukti pada uji sitrat menunjukkan hasil negatif. Dari hasil uji fisiologis yang telah dilakukan pada isolat MS05, MS06, MS08 memiliki kesamaan karakteristik dengan genus *Bacillus* berdasarkan kunci determinasi pada *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology Nirth Edition* (Holt *et al.*, 1994).

Isolat MS07 memiliki karakteristik sifat fisiologis yaitu uji katalase negatif dan tidak dapat memproduksi H_2S . Pada uji indol, sulfid, Mac-Konkey dan sitrat menunjukkan hasil negatif. Selain itu, isolat MS07 hanya mampu menghidrolisis glukosa dan tidak dapat menghidrolisis laktosa dan sukrosa. Berdasarkan kunci determinasi pada *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology Nirth Edition* (Holt *et al.*, 1994) isolat MS07 memiliki kemiripan dengan *Lactobacillus* dengan ciri memiliki uji katalase negatif, bentuk koloni batang lurus, Gram positif dengan pertumbuhan optimum 30-40 °C.

Isolat MS05, MS06, MS08 dapat membentuk zona hidrolisis, ketiga isolat termasuk ke dalam genus *Bacillus*. Menurut Gao *et al.* (2014) *Bacillus* merupakan salah satu bakteri yang banyak terdapat dalam bidang industri karena kemampuannya yang tinggi dalam memproduksi enzim ekstraseluler. *Bacillus* terbagi beberapa jenis dan tersebar luas di berbagai habitat. *Bacillus* merupakan bakteri Gram positif dengan katalase positif dan tidak motil. Isolat bakteri berbentuk batang lurus, berpasangan atau membentuk rantai, aerob atau anaerob fakultatif. Selain itu, isolat ditemukan dalam tanah, saluran pencernaan manusia. Biswas *et al.* (2020) melaporkan bahwa bakteri *Bacillus subtilis* memiliki aktivitas degradasi selulosa yang tinggi. *Bacillus subtilis* strain AU-1 menghasilkan *Carboxymethyl cellulase* CMC-ase dan anase pada media yang mengandung berbagai karbohidrat sebagai sumber utama karbon untuk kehidupannya (Holt *et al.*, 1994).

Hasil skrining bakteri selulolitik dari tanah mangrove Kuala Simbur diperoleh enam isolat yang mampu mendegradasi selulosa dari sebelumnya delapan isolat. Enam isolat termasuk ke dalam Gram positif dengan tanda pada pewarnaan Gram berwarna ungu. Koloni bakteri rata-rata berbentuk basil pendek, basil panjang dan satu isolat yang memiliki bentuk kokus.

3.3.1. *Bacillus*

Isolat MS05, MS06 dan MS08 memiliki karakteristik yang hampir sama dengan genus *Bacillus*. Genus *Bacillus* memiliki ciri Gram positif, berbentuk batang lurus, berpasangan atau berantai dan memiliki endospora. Kebutuhan oksigen aerob, fakultatif anerob. Genus *Bacillus* banyak terdapat di tanah dan berbagai macam habitat. Beberapa spesies patogen terhadap hewan (Holt *et al.*, 1994). Menurut Chantarasiri (2015) memiliki ciri sifat fisiologis katalase positif, oksidase negatif, motil sebagian ada yang non-motil, tumbuh pada suhu 10-60 °C, salinitas 0%-20% dan pH 5-7.

Tabel 4. Hasil Determinasi Bakteri Selulolitik

No	Kode Isolat	Pengamatan ciri morfologi sel bakteri				Uji Sifat Fisiologis									
		Pewarnaan Gram			Penataan	Katalase	Sulfid	Indol	Motility	Uji biokimia					
		Sifat Gram	Bentuk koloni							Glukosa	Sukrosa	Laktosa	H ₂ S	MCA	Citrat
1	MS01	+	basil	streptobasil	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2	MS02	+	kokus	monokokus	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
3	MS03	+	Basil pendek	streptobasil	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
4	MS04	+	kokus	diplokokus	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	
5	MS05	+	basil	diplobasil	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
6	MS06	+	basil	diplobasil	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	
7	MS07	+	basil	diplobasil	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	
8	MS08	+	basil	diplobasil	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	

Tabel 4. Hasil Determinasi Bakteri Selulolitik

3.3.2. *Cellulomonas*

Isolat MS03 memiliki karakter yang hampir mirip dengan genus *Cellulomonas*. Genus *Cellulomonas* memiliki ciri Gram positif, katalase positif. Koloni berbentuk batang tidak beraturan, terkadang koloni membentuk batang pendek hingga membentuk bulat. Genus *Cellulomonas* ini dapat ditemukan di tumpukan tanaman yang membusuk pada tanah (Holt *et al.*, 1994). Menurut Pramono *et al.* (2021) pada uji sifat fisiologis *Cellulomonas* urease negatif, motil namun ada juga yang non-motil, uji gelatin positif, selulosa positif, pati positif dan uji manitol negatif.

3.3.3. *Lactobacillus*

Isolat MS07 memiliki karakteristik yang hampir sama dengan genus *Lactobacillus*. Genus *Lactobacillus* memiliki ciri yaitu termasuk jenis bakteri Gram positif, tidak memiliki spora, umumnya tidak motil, bentuk koloni batang panjang, sebagian umum hampir berbentuk kokus rantai pendek. Memiliki bentuk cembung, warna buram dan tanpa pigmen. Genus *Lactobacillus* banyak ditemukan pada hewan, produk makanan, sayuran dan jarang yang bersifat patogen. Tumbuh sebagian besar anaerob, tumbuh optimum pada suhu 30-40 °C. Pada uji primer yaitu uji katalase negatif (Holt *et al.*, 1994).

3.3.4. *Micrococcus*

Isolat MS02 memiliki karakteristik yang hampir sama dengan genus *Micrococcus*. Genus *Micrococcus* memiliki ciri termasuk Gram positif, non-motil dan jarang yang motil, katalase positif. *Micrococcus* dapat tumbuh pada media sederhana dan uji indol negatif. Selanjutnya pada uji TSIA menunjukkan kemampuan dalam memfermentasi ketiga jenis gula. *Micrococcus* juga dilaporkan mampu tumbuh optimum pada suhu 25-37 °C (Holt *et al.*, 1994).

Isolasi bakteri selulolitik dari tanah mangrove Kuala Simbur diperoleh hanya enam isolat yang mampu mendegradasi selulosa dari total delapan isolat. Isolat MS06 membentuk zona hidrolisis lebih tinggi dibandingkan dengan 5 isolat lainnya yaitu sebesar 9,73. Bakteri *Bacillus* ini diduga memiliki kemampuan dalam mengurai bahan organik yang lebih baik dan mampu beradaptasi dengan tanah mangrove dengan memanfaatkan serasah dan bahan organik dalam tanah mangrove.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil skrining dan determinasi bakteri selulolitik potensial dari ekosistem mangrove diperoleh 6 isolat bakteri selulolitik yaitu MS02, MS03, MS05, MS06, MS07 dan MS8. Hasil determinasi yang dilakukan menunjukkan bahwa keenam isolat yang telah diskining memiliki karakteristik yang sama dengan genus *Bacillus*, *Cellulomonas*, *Lactobacillus* dan *Micrococcus*. Berdasarkan hasil analisis indeks aktivitas selulolitik diperoleh tiga isolat bakteri yang memiliki indeks aktivitas selulolitik terbesar yaitu MS06 (9,73), MS03 (6,30), dan MS08 (5,41).

5. Saran

Untuk pemanfaatan potensi bakteri selulolitik yang diperoleh dari ekosistem mangrove maka hal yang perlu dilakukan yaitu identifikasi molekuler bakteri selulolitik dan karakterisasi enzim dari tiap-tiap isolat. Dengan demikian pemanfaatan bakteri selulolitik menjadi lebih maksimal.

6. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Riau dan Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LP2M) Universitas Jambi yang telah memberikan dukungan untuk terlaksananya penelitian ini.

7. Referensi

- Barzkar, N., dan Muhammad, S. 2020. An Overview on Marine Cellulolytic Enzymes and Their Potential Applications. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 6873-6892
- Batubara, U.M., Ika, O.S., dan Hesti, R. 2015. Isolasi dan Karakterisasi bakteri Indigenous Tanah di Kawasan Kampus Universitas Jambi. *Prosiding Semirata*. 243-250
- Batubara, U.M., Mardalisa, M., Suparjo, S., Maritsa, H.U., Pujiyanto, E., Herlini, M. 2021. Isolation and Characterization of Cellulolytic Bacteria Diversity in Peatland Ecosystem and Their Cellulolytic Activities. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 934 012028

- Biswas, S., Md, A.S., Ismoth, A.T., Md, A.K., Md, A.I., Ad, S.H., Rubayet, U.A., Md, I.Q.K.J., Md, N.H. 2020. Molecular Characterization of Cellulolytic (Endo- and Exoglucanase) bacteria from The largest mangrove Forest (Sundarbans), Bangladesh. *Annals of Microbiology*. 70:68
- Capuccino, J.G., and Sherman, N. 1992. *Microbiology a Laboratory Manual*. The Benjamin/Cummings Publish: USA
- Chantarasiri, A. 2015. Aquatic *Bacillus cereus* JD0404 Isolated from The Muddy Sediments of Mangrove Swamps in Thailand and Characterization of Its Cellulolytic Activity. *The Egyptian Journal of Aquatic Research*. 41(3):257-264
- Gao, Z.M., Xun, X., Ling-Wei, R. 2014. Enrichment and Characterization of an Anaerobic Cellulolytic Microbial Consortium SDQ-1.1 From Mangrove Soil. *Environmental Biotechnology*. 465-474
- Holt, G.H., Krieg, R.N., Sneath, H.P., Staley, S.A.T.J., Staley, Williams, T.S. 1994. *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology Ninth Edition*. USA
- Kurniawan, A., Suci, P.S., Euis, K., Abu, B.S., Ira, T., Asep, A.P. 2019. Kapasitas Hidrolisis Bakteri Pendegradasi Selulosa Dari Ekosistem Mangrove. *Journal of Tropical Marine Science*. 2(2): 1-7
- Maulani, H., Kusdarwati, S.R., Alamsjah, A.M., Pursetyo, K.T. 2016. Isolasi dan Identifikasi Bakteri Selulolitik dari tanah Mangrove Muara Sungai Gunung Anyar. *Journal of Marine and Coastal Science*. 5(1):255-262
- Meryandini, A.W., Widosari, B., Maranatha, C.T., Sunarti, N., Rachmania, Satria, H. 2009. Isolasi Bakteri Selulolitik dan Karakterisasi Enzimnya. *Makara Sains*. 13(1): 127-134
- Nababan, M., Ida, B.W.G., I Made, M.W. 2019. Produksi Enzim Selulase Kasar dari Bekteri Selulolitik. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*. 7(2):190-199
- Naresh, S., Balakrishnan, K., Ahmad, A.N.G., Yi, P.T., Siew, H.S., Qi, H.N., Peng, Y.H. 2019. Isolation and Partial Characterisation of Thermophilic Cellulolytic Bacteria from North Malaysian Tropical Mangrove Soil. 30(1): 123-147
- Pramono, H., Afifah, M., Dini, R., Eming, S. 2021. Short Communication: Diversity of Cellulolytic Bacteria Isolated from Coastal Mangrove Sediment in Logending Beach, Kebumen, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*.
- Rahmawati, D. dan Rafdinal. 2017. Eksplorasi Bakteri Selulolitik dari Tanah Hutan Mangrove Peniti, Kecamatan Segedong, Kabupaten Mempawah. *PROTOBIONT Journal of biological sciences*. 6(3): 255-262
- Rudiansyah, D. dan Rafdinal. 2017. Eksplorasi Bakteri Selulolitik dari Tanah Hutan Mangrove Peniti, Kecamatan Segedong, Kabupaten Mempawah. *Jurnal Protobiont* 6(3): 255-262.
- Shadu, S., and Maiti, T.K. 2013. Cellulosa Production by Bacteria: A Review. *British Microbiology Research Journal* 3(3), 253-258