

KAPASITAS HIDROLISIS BAKTERI PENDEGRADASI SELULOSA DARI EKOSISTEM MANGROVE

HYDROLYSIS CAPACITY OF CELLULOSE DEGRADING BACTERIA FROM MANGROVE ECOSYSTEM

Ardiansyah Kurniawan^{1*}, Suci Puspita Sari¹, Euis Asriani¹,
Andi Kurniawan², Abu B. Sambah², Ira Triswiyana³, dan Asep A. Prihanto²

¹Fakultas Pertanian, Perikanan, dan Biologi, Universitas Bangka Belitung
Kampus Terpadu UBB, Gedung Teladan, Desa Balunijuk, Kepulauan Bangka Belitung, 33172 Indonesia

²Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya

Jl. Veteran Malang No.16, Kota Malang, Jawa Timur 65145 Indonesia

³Penyuluh Perikanan Kabupaten Bangka Barat, Balai Riset Perikanan Perairan Umum dan Penyuluhan Perikanan Palembang

Jl. Gub. H.A. Bastari No. 08, Jakabaring, Palembang, Sumatera Selatan 30111 Indonesia

Email : ardian_turen@yahoo.co.id

ABSTRAK

Potensi pertambangan timah dan perikanan pesisir berdampak pada mangrove di Muntok, Bangka Barat. Penelitian ini mengkaji bakteri pendegradasi selulosa (selulolitik) pada mangrove terkait dengan kegiatan manusia. Pengambilan sampel dilakukan dari 3 lokasi mangrove, yaitu Mangrove Tembelok (mangrove alami), Mangrove Peltim (mangrove terdampak penambangan timah), dan Mangrove Sukal (mangrove terdampak kegiatan perikanan). Skrining dan identifikasi kualitatif bakteri selulolitik berasal dari sedimen, kayu lapuk dan serasah daun di hutan bakau Muntok. 54 isolat bakteri diidentifikasi dalam skrining dengan media yang diperkaya CMC 1%. 24 (44,5%) isolat diantaranya memiliki nilai *hydrolysis capacity* (HC) tinggi pada indikator Lugol dan 21 (39%) isolat pada indikator *congo-red*. Mangrove Tembelok memiliki isolat dengan nilai HC tinggi terbanyak pada sampel sedimen, sedangkan Mangrove Peltim pada serasah daun dan Mangrove Sukal pada kayu lapuk. Nilai HC isolat bakteri selulolitik berimbang dengan fungi yang lebih populer dimanfaatkan untuk degradasi selulosa. Kegiatan manusia berdampak pada penurunan kerapatan mangrove yang berkorelasi dengan input selulosa sehingga menurunkan jumlah bakteri selulolitik pada sedimen.

Kata kunci: Mangrove, Bakteri Selulolitik, Sedimen, Serasah Daun, Kayu Lapuk

ABSTRACT

Muntok is an area in the west side of Bangka island which has the potential for offshore fishing, mining, and smelting of tin. Tin mining and smelting can affect cellulolytic bacteria as one of the integration in mangroves. Cellulolytic bacteria can increase the availability of degraded carbohydrates for other organisms. Sampling was done from 3 location of mangrove, namely Tembelok Mangrove, Peltim Mangrove, and Sukal Mangrove. Screening and qualitative identification of cellulolytic bacteria is derived from sediment, weathered wood and leaf litter in the Muntok mangrove. 54 bacterial isolates were identified in screening with CMC 1% enriched media. 24 (44.5%) of them had high HC values in the Lugol indicator, and 21 (39%) isolates in the congo-red indicator. Tembelok mangroves had the highest HC values in the sediment samples, while Peltim mangrove on leaf litter and Sukal mangrove on weathered wood. HC values of isolates of cellulolytic bacteria balanced with fungi, which are more popularly utilized for cellulose degradation. Cellulolytic bacteria potential to increase the digestive value of agricultural waste to substitute fish feed ingredients.

Keywords: Muntok, Cellulolytic Bacteria, Sediment, Leaf Litter, Weathered Wood

PENDAHULUAN

Beragam manfaat yang dapat dinikmati oleh manusia dari keberadaan mangrove, diantaranya adalah mencegah erosi pantai, habitat perikanan, mencegah pemanasan

global, sumber pendapatan bagi nelayan pantai, pengembangan kawasan pariwisata, dan sumber mikroorganisme pendegradasi selulosa. Masing-masing manfaat saling terkait dan tidak dapat dipisahkan, sehingga mangrove menjadi

lingkungan kompleks yang unik dan memerlukan perhatian untuk pelestariannya. Mangrove sebagai area dengan dekomposisi bahan organik yang tinggi memungkinkan wilayahnya menjadi sumber makanan dan habitat untuk berbagai komoditas perikanan seperti ikan, kepiting, udang dan kerang (Harahab, 2009). Proses dekomposisi membutuhkan bahan organik dari serasah daun mangrove sebagai sumber selulosa. Jumlah serasah daun dipengaruhi kerapatan mangrove dan mempengaruhi dominasi organisme pengurai (Arta et al., 2009). Keberadaan pengurai, salah satunya adalah bakteri pendegradasi selulosa, berperan penting pada rantai manfaat mangrove.

Perombakan bahan organik dengan kandungan selulosa memungkinkan peran mikroorganisme yang menghasilkan enzim ekstraseluler sebagaimana bakteri selulolitik (Kurniawan et al., 2018). Bakteri selulolitik mampu degradasi selulosa menjadi gula yang lebih sederhana dalam bentuk oligosakarida dan glukosa melalui enzim selulase yang dihasilkannya (Lamid et al., 2013). Selulosa merupakan salah satu polimer dengan ketersediaan melimpah di alam. Pemanfaatannya sebagai bahan organik yang terkendala pada kecernaannya yang rendah dimungkinkan dapat diperbaiki dengan proses dekomposisi memanfaatkan bakteri selulolitik. Limbah pertanian dan perkebunan yang kaya selulosa dapat ditingkatkan kegunaannya sebagai sumber energi dengan melibatkan bakteri selulolitik dari mangrove.

Kabupaten Bangka Barat memiliki luas mangrove tertinggi di Provinsi Kepulauan Bangka Belitung dengan 18.235 hektar (Kurniawan et al., 2018b) dan memiliki potensi perikanan pesisir dan pertambangan timah yang berhubungan dengan mangrove pada pemanfaatan wilayah pesisir (Kurniawan et al., 2019). Kondisi ini menjadikan mangrove di Bangka Barat dapat dikategorikan berdasarkan hubungannya dengan kegiatan manusia, yaitu mangrove alami yang minim dampak kegiatan manusia, mangrove terdampak kegiatan terkait penambangan timah dan mangrove terdampak kegiatan terkait perikanan. Komunitas bakteri selulolitik diketiga kategori mangrove dimungkinkan memiliki perbedaan dengan keberadaan logam berat yang berpotensi menjadi penyebab seleksi bakteri. Yao et al., (2017) memaparkan bahwa komposisi komunitas bakteri sangat kuat dipengaruhi oleh variabel logam berat yang ada pada sedimen. Tekanan polusi logam

berat menyebabkan pergeseran struktur komunitas bakteri, dimana bakteri yang toleran menjadi lebih kompetitif dan mendominasi.

Ketiga kategori mangrove di Bangka Barat yang memiliki perbedaan karakteristik cemar memerlukan kajian untuk memperoleh data terkait pemanfaatan bakteri selulolitik. Pergeseran komunitas bakteri dapat berdampak positif maupun negatif pada dekomposisi selulosa. Penelitian ini menjadi kajian awal pada ketiga kategori mangrove tentang identifikasi bakteri selulolitik dengan membatasi pada skrining dan identifikasi kualitatif sebagai bakteri penghasil enzim selulase. Pada lingkungan pertambangan sebagaimana Pulau Bangka yang dikelilingi tambang timah lepas pantai baik legal maupun illegal, diperhitungkan memiliki potensi bakteri selulolitik yang berbeda dengan temuan pada mangrove alamiah dan terkonservasi. Dedaran logam berat pertambangan timah dapat menyeleksi keberadaan bakteri selulolitik yang mampu bertahan dan beradaptasi pada lingkungan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini pengambilan sampel di Kecamatan Muntok, Kabupaten Bangka Barat, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung, Indonesia dan proses kultur hingga skrining bakteri pendegradasi selulosa dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya. Lokasi pengambilan sampel sedimen, serasah daun dan kayu lapuk dilakukan di daerah Sukal mewakili mangrove yang dimanfaatkan untuk budidaya perikanan, Peltim menjadi mangrove yang berdekatan dengan lokasi peleburan timah dan Tembelok merupakan mangrove alami yang minim dampak kegiatan manusia. Lokasi pengambilan sampel ditunjukkan pada Gambar 1.

Pengambilan sampel

Pengambilan sampel tanah dilakukan pada kedalaman 10-20 cm. Sampling serasah daun dilakukan dengan mengambil daun yang telah mengalami pelapukan, sementara sampel kayu diperoleh dari potongan kayu yang paling banyak mengalami pelapukan. Semua sampel disimpan dalam wadah steril. Setiap lokasi pengambilan sampel diambil 2 sampel dan komposit menjadi sampel gabungan. Sampel lumpur, serasah daun dan kayu lapuk dari mangrove

dipertahankan kondisi basah menggunakan media air dari mangrove yang telah distreilkan dan disimpan dalam suhu dingin hingga dilakukan proses isolasi bakteri.

Isolasi Bakteri Selulolitik

Proses isolasi bakteri diawali dengan menghaluskan sampel terutama sampel serasah daun dan kayu lapuk sebanyak 10 gram serasah daun dalam mortal. Sampel yang telah halus dimasukkan ke dalam labu Erlenmeyer 250 ml, selanjutnya dibuat suspensi dengan cara menambahkan air yang berasal dari lingkungan mangrove tempat pengambilan sampel yang telah disterilkan sampai mencapai volume 100 ml. Pengenceran berlanjut hingga tingkat 10^{-7} sampel sebanyak 0,1 ml diambil untuk dibiakkan pada media agar yang diperkaya dengan CMC 1% dalam cawan Petri. Isolasi bakteri selulolitik dilakukan dengan metode cawan gores pada media padat selulase yang mengandung 1% CMC (1 g CMC; 0,02 g $MgSO_4 \cdot 7H_2O$; 0,075 g KNO_3 ; 0,002 g K_2HPO_4 ; 0,004 g $CaCl_2 \cdot 2H_2O$; 0,2 g ekstrak khamir; 1,5 g agar batang), diinkubasi pada suhu $37^\circ C$ selama ± 24 jam.

Skrining Bakteri Selulolitik

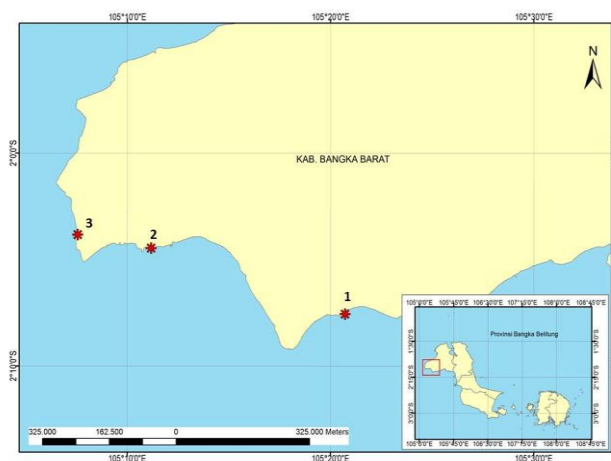
Skrining bakteri selulolitik dilakukandengan metode uji hidrolisis selulosa. Isolat bakteri murni di kultur ulang di media agar diperkaya Carboxy Methyl Cellulose (CMC) dengan metode gores. Satu loop bakteri tergores pada medium dengan membentuk garis sekitar 1 cm. Biakan diinkubasi selama 72 jam pada suhu $30^\circ C$. Uji kualitatif menggunakan dua metode. Dalam metode pertama, larutan Lugol (2g kalium iodin dan 1g yodium dalam 300 ml

aquadest) diteteskan untuk menutupi seluruh medium dan dibiarkan selama satu menit. Pada metode kedua, *congo-red* 0,1% (0,1 g *congo-red* dalam 100 ml aquadest) diteteskan untuk menutupi media sampai 15 menit dan dibilas dengan NaCl 1M. Zona bening terbentuk di sekitar koloni bakteri diamati dan diidentifikasi sebagai mengisolasi bakteri pengurai selulosa.

Bakteri dengan kemampuan mendegradasi selulosa menunjukkan adanya zona bening pada sekitar koloni. Potensi degradasi selulosa dari isolat dapat diperkirakan secara kualitatif oleh menghitung kapasitas hidrolisis (HC), yaitu rasio diameter zona bening dan koloni (Gupta et al., 2012).

Pewarnaan Gram

Pewarnaan Gram dilakukan dengan mengambil sebanyak 1 ose isolat bakteri diencerkan dalam 3 ml akuades steril dan di ambil 10 μl lalu diletakkan pada gelas obyek dan difiksasi. Selanjutnya ditambahkan sebanyak 1 tetes kristal violet selama 1 menit kemudian dicuci dengan air mengalir dan di keringanginkan. Setelah kering ditambahkan 1 tetes larutan iodine. Setelah 1 menit kemudian dicuci dengan air mengalir. Selanjutnya isolat bakteri ditambah etil alkohol 95% selama 30 detik dan dicuci dengan air mengalir. Kemudian isolat bakteri ditambahkan safranin selama 2 menit dan dicuci dengan air mengalir. Preparat dikeringkan dengan menempelkan tisu disisi ulasan, lalu dikeringanginkan, kemudian preparat ditetesi minyak imersi untuk diamati menggunakan mikroskop cahaya dengan pembesaran $100\times$. Bakteri Gram Positif berwarna ungu dan bakteri Gram negatif berwarna merah.



Gambar 1. Lokasi sampling di Bangka Barat, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. (1. Mangrove Sukal, 2. Mangrove Peltim, dan 3. Mangrove Tembelok)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Isolasi bakteri pada sampel dari mangrove Sukal, Peltim dan Tembelok di Muntok, Bangka Barat menunjukkan 54 isolat bakteri yang mampu tumbuh dalam media yang diperkaya dengan CMC 1%. Sampel dari mangrove Sukal menunjukkan adanya 16 isolat bakteri yang ditemukan dengan rincian 5 isolat bakteri dalam sampel daun serasah, 8 isolat dalam sampel kayu lapuk dan 3 isolat dalam sampel lumpur. Sampel dari mangrove Peltim menghasilkan 19 isolat bakteri dengan rincian 3 isolat dari sampel sedimen, 8 isolat dari sampel serasah daun dan 8 isolat dari kayu lapuk. Sampel dari mangrove Tembelok menunjukkan 19 isolat bakteri dengan 9 isolat dari sedimen mangrove, 5 isolat dari kayu lapuk dan 5 isolat dari serasah daun mangrove.

Bakteri yang tumbuh dalam media yang diperkaya 1% CMC merupakan bakteri yang mampu memanfaatkan selulosa sebagai media dan nutrisi untuk kehidupannya. Namun perlu dipastikan kemampuan isolat bakteri mendegradasi selulosa. Metode untuk mengetahuinya adalah melalui skrining menggunakan Lugol dan *congo-red*. Sebanyak 24 isolat menunjukkan adanya zona bening dengan indeks kapasitas hidrolisis (HC) ≥ 3 (kategori tinggi) menggunakan Lugol, sementara pada penggunaan *congo-red* menunjukkan 21 isolat memiliki kapasitas hidrolisis serupa. Mangrove Tembelok memiliki isolat dengan nilai HC tinggi terbanyak pada sampel sedimen, sedangkan Mangrove Peltim pada serasah daun dan Mangrove Sukal pada kayu lapuk. Hasil skrining menggunakan Lugol dan *congo-red* ditampilkan pada Tabel 1.

Penggunaan Lugol dan *congo-red* sebagai indikator degradasi selulosa dapat memudahkan pemilihan bakteri pendegradasi selulosa. Perbedaan warna yang disebabkan

oleh reaksi *congo-red* dan Lugol dengan selulosa, sehingga pada media yang tidak terdapat selulosa menunjukkan warna bening atau *clear zone*. Gupta et al. (2012) menyatakan penggunaan *congo-red* sebagai indikator untuk selulosa degradasi dalam medium agar memberikan dasar untuk cepat dan tes skrining sensitif untuk bakteri selulolitik. Koloni menunjukkan perubahan warna *congo-red* dianggap positif koloni bakteri pendegradasi selulosa. Suryadi dan Sari (2017) menyatakan Lugol juga menjadi pewarna agar lebih mudah dilihat dan ukur zona bening yang terbentuk pada skrining degradasi selulosa. Pereaksi Lugol akan terikat pada 1,4- β glikosida pada selulosa yang akan memberikan warna coklat gelap, sementara pada bagian transparan menunjukkan bahwa selulosa telah terurai menjadi monosakarida yang tidak dapat membentuk kompleks dengan yodium dari reagen Lugol.

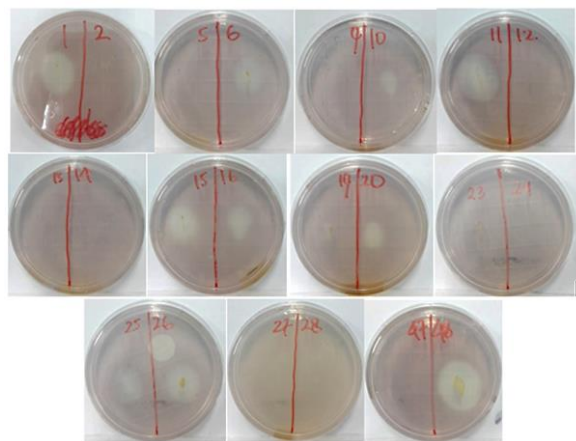
Isolat bakteri dengan kemampuan degradasi selulosa tinggi ditemukan di ketiga lokasi sampling. Bakteri pendegradasi kuat didominasi isolat bakteri dari sampel kayu lapuk pada mangrove Sukal, sampel serasah daun dan kayu lapuk pada mangrove Peltim dan sedimen pada mangrove Tembelok.

Pada isolat bakteri pendegradasi selulosa yang memiliki nilai HC tinggi, dilakukan uji pewarnaan gram. Hasil pewarnaan pada isolat bakteri dari mangrove Tembelok yang bernilai HC lebih dari 3 menunjukkan bahwa 50% isolat merupakan bakteri gram positif, sementara sebagian lainnya gram negatif.

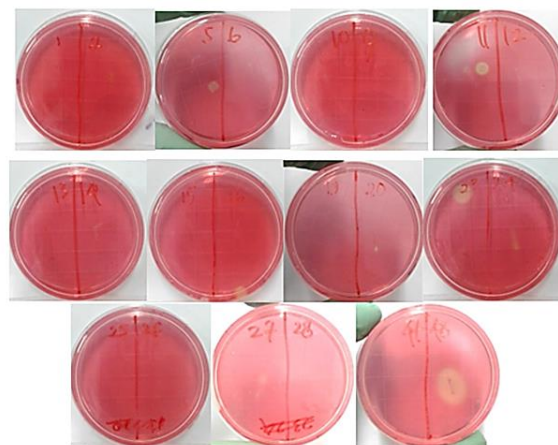
Isolat dari mangrove Peltim dan Sukal didominasi oleh bakteri gram negatif sebagai pendegradasi selulosa dengan nilai HC tinggi. Hasil pewarnaan gram pada isolat bakteri pendegradasi selulosa dengan kapasitas hidrolisis tinggi terdapat pada Tabel 2.

Tabel 1. Kapasitas hidrolisis bakteri pendegradasi selulosa pada mangrove di Bangka Barat

Lokasi Mangrove	Jenis Sampel	Jumlah Isolat	Kapasitas Hidrolisis					
			Lugol			<i>Congo-red</i>		
			Tinggi	Medium	Rendah	Tinggi	Medium	Rendah
Tembelok	Sedimen	9	6	-	3	2	2	5
	Serasah Daun	5	2	-	3	2	-	3
	Kayu Lapuk	5	-	-	5	-	1	4
Peltim	Sedimen	3	1	-	2	1	-	2
	Serasah Daun	8	7	-	1	7	1	-
	Kayu Lapuk	9	5	-	3	5	-	3
Sukal	Sedimen	3	1	-	2	1	-	2
	Serasah Daun	5	1	-	4	1	-	4
	Kayu Lapuk	8	5	1	2	2	-	6



Gambar 2. Hasil skrining dengan Lugol.



Gambar 3. Hasil skrining dengan congo-red

Tabel 2. Hasil pewarnaan gram pada bakteri pendegradasi selulosa dari mangrove di Bangka Barat yang bernilai kapasitas hidrolisis tinggi

Lokasi Mangrove	Jenis Sampel	Jumlah Isolat	Gram	
			Positif	Negatif
Tembelok	Sedimen	6	2	4
	Serasah Daun	2	2	-
	Kayu Lapuk	0	-	-
Peltim	Sedimen	1	-	1
	Serasah Daun	7	1	6
	Kayu Lapuk	5	2	3
Sukal	Sedimen	1	1	-
	Serasah Daun	1	-	1
	Kayu Lapuk	5	3	2

Perbedaan perombakan selulosa pada media yang diketahui pada luasan zona bening yang terbentuk menunjukkan kemampuan bakteri dalam mendegradasinya. Semakin tinggi luasan zona bening yang dihasilkan dapat dinilai semakin besar kemampuan bakteri mendegradasi selulosa. Dar et al., (2015) mengkategorikan kemampuan isolat bakteri pendegradasi selulosa menjadi pendegradasi kuat, medium atau lemah. Pendegradasi kuat merupakan bakteri yang memiliki kapasitas hidrolisis (HC) ≥ 3 , sementara nilai HC antara 1 sampai 3 termasuk kategori medium dan ≤ 1 dikategorikan sebagai pendegradasi selulosa yang lemah. Sebanyak 29 isolat bakteri dari sampel pada mangrove di Bangka Barat yang tergolong pada pendegradasi kuat berpotensi untuk dimanfaatkan untuk kebutuhan hidup manusia sehingga tidak selalu tergantung pada fungi yang digunakan selama ini. Kurniawan et al. (2018) berpendapat bahwa penggunaan fungi dikarenakan asumsi bahwa aktivitas selulolitik fungi lebih tinggi dibandingkan bakteri dan aktinomisetes. Fungi yang ditemukan mempunyai kemampuan tinggi dan efisien dalam

merombak selulosa antara lain *Trichoderma* sp, *Aspergillus* sp, *Penicillium* sp, *Sporotrichum* sp, *Fusarium* sp dan *Chaetomium* sp. *Trichoderma viride* menjadi organisme pertama yang dipilih untuk digunakan dalam produksi selulase untuk hidrolisis selulosa secara enzimatik. Spesies tersebut mampu menghasilkan selulase dalam jumlah banyak dibanding fungi lain seperti *Humicola grisea*, *Sporotrichum thermophila* dan *Gliocladium viride* sehingga berpotensi untuk agen perombak selulosa.

Namun jika dibandingkan hasil skrining uji selulolitik, maka dapat diketahui pada beberapa riset menunjukkan indeks HC bakteri tidak kalah dibandingkan mikroorganisme lainnya. *Aspergillus* (isolat L4H4) yang diisolasi dari hutan arboretum Universitas Riau menjadi isolat yang memiliki kemampuan degradasi selulosa tertinggi dengan rasio HC 3,51 (Hardianti et al., 2013). *Pseudozyma antarctica*, *Pseudozyma hubeiensis*, *Anthracoystis chrysopogonis*, *Cryptococcus laurentii*, dan *Sarocladium bactrocephalum* yang ditemukan di Pulau Enggano, Bengkulu memiliki rasio zona bening >2 (Sumerta, I. N., dan Kanti,

A.,2017). Pada riset Jahangeer *et al.* (2005) menunjukkan *Apergilus flavus*, *Aspergilus niger*, dan *Aspergilus fimigatus* mampu membuat zona bening hingga 10 mm. Nilai HC yang ditentukan oleh luasan zona bening tergantung kemampuan mendegradasi selulosa. Mikroorganisme menggunakan enzim selulase untuk mendegradasi selulosa. Enzim selulase merupakan enzim ekstraseluler, dimana enzim tersebut dihasilkan didalam sel dan dikeluarkan ke media yang dirombak diluar sel untuk mendegradasi senyawa polimer sehingga mudah larut dan dapat diserap oleh sel melalui dinding sel.

Keberadaan bakteri berhubungan dengan kerapatan mangrove. Kerapatan mangrove berkorelasi dengan jumlah serasah daun yang dihasilkan. Semakin tinggi kerapatan mangrove, semakin tinggi serasah yang dihasilkan yang berimbas ketersediaan nutrisi yang diperlukan bakteri heterotrof. Supriyati *et al.* (2018) menyatakan adanya hubungan yang berbanding lurus antara kelimpahan bakteri heterotrof dengan kerapatan mangrove.

Mangrove Peltim yang memiliki kerapatan mangrove lebih rendah dibandingkan mangrove Tembelok dan Sukal menunjukkan jumlah bakteri pendegradasi selulosa gram negative lebih tinggi. Mangrove Peltim dan Sukal yang berhubungan dengan aktifitas manusia menyebabkan kerapatannya lebih rendah. Kondisi tersebut sesuai dengan paparan Kurniawan et al. (2018) bahwa bakteri selulolitik di mangrove Tukak Sadai didominasi oleh bakteri gram negative. Sari dan Rosalina (2016) menyatakan adanya reduksi kerapatan mangrove di Tukak Sadai akibat penambangan timah. Arta *et al.*(2009) menambahkan bahwa jumlah serasah daun mangrove berbanding terbalik dengan jumlah koloni bakteri *Vibrio sp.*

Perbedaan jumlah temuan bakteri pendegradasi selulosa pada sedimen mangrove menunjukkan perbedaan input selulosa pada tanah mangrove yang sebagian besar berasal dari serasah daun. Kerapatan mangrove yang tinggi menghadirkan lebih banyak selulosa. Kurniawan dan Prihanto (2019) menunjukkan bahwa selulosa menjadi triger bagi bakteri untuk memproduksi enzim pendegradasi selulosa, sehingga hanya bakteri yang mampu menghasilkan enzim selulase yang dapat bertahan hidup pada mangrove dengan selulosa tinggi.

KESIMPULAN

Bakteri selulolitik yang teridentifikasi dari ketiga lokasi sampling mangrove di Muntok, Bangka Barat sebanyak 54 isolat. 24 (44,5%) isolat diantaranya memiliki nilai HC tinggi pada indikator lugol dan 21 (39%) isolat pada indikator *congo-red*. Mangrove Tembelok memiliki isolat dengan nilai HC tinggi terbanyak pada sampel sedimen, sedangkan Mangrove Peltim pada serasah daun dan Mangrove Sukal pada kayu lapuk. Nilai HC isolat bakteri selulolitik berimbang dengan fungi yang lebih populer dimanfaatkan untuk degradasi selulosa. Isolat bakteri selulolitik berpotensi meningkatkan nilai cerna limbah pertanian untuk mensubstitusi bahan baku pakan ikan herbivora.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyampaikan terimakasih kepada Kemenristekdikti atas pendanaannya pada Penelitian Kerjasama antar Perguruan Tinggi (PKPT) antara Universitas Bangka Belitung dengan Universitas Brawijaya.

REFERENSI

- Arta, A.P, Maidie, A. dan Saptiani, G. 2009. The Effect Of Mangrove Vegetation Treatment On *Vibrio Sp* Bacterial Population In Bontang Coast. *Jurnal Kehutanan Tropika Humida*, 2(2):133-142.
- Dar, M.A., Pawar, K.D., Jadhav, J.P. and Pandit, R. S. 2015. Isolation of cellulolytic bacteria from the gastrointestinal tract of *Achatina fulica* (Gastropoda: Pulmonata) and their evaluation for cellulose biodegradation. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 98:73-80.
- Gupta, P., Samant, K. and Sahu, A. 2012. Isolation of cellulose-degrading bacteria and determination of their cellulolytic potential. *International Journal of Microbiology*, 1-5. DOI: 10.1155/2012/578925
- Harahab, N. 2009. Pengaruh ekosistem hutan mangrove terhadap produksi perikanan tangkap (studi kasus di Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur). *Jurnal Perikanan Universitas Gadjah Mada*, 11(1):100-106.
- Hardianty, D. I., Roza, R. M. dan Martina, A. 2013. Isolasi dan Seleksi Jamur Selulolitik dari Hutan Arboretum

- Universitas Riau. *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau*, 1(1):1-7
- Jahangeer, S., Khan, N., Jahangeer, S., Sohail, M., Shahzad, S., Ahmad, A., and Khan, S.A. 2005. Screening and characterization of fungal cellulases isolated from the native environmental source. *Pakistan Journal of Botany*, 37(3): 739.
- Kurniawan, A. and Prihanto, A.A. 2019. Cellulose-degrading Bacteria for Increasing Nutritional Value of Fish Feed Based Palm Oil By-Product. *EC Microbiology*, 15 (2):96-97.
- Kurniawan, A., Febrianti, D., Sari, S.P., Prihanto, A.A., Asriani, E., Kurniawan, A., dan Sambah, A.B. 2018a. Isolasi Dan Identifikasi Bakteri Pendegradasi Selulosa Asal Ekosistem Mangrove Tukak Sadai, Bangka Selatan. *Jurnal Perikanan Pantura*, 1(2):9-16.
- Kurniawan, A., Sari, S. P., Asriani, E., Kurniawan, A., Sambah, A.B., dan Prihanto, A.A. 2018b. Identifikasi Molekuler Isolat Bakteri Selulolitik Dari Mangrove Sungailiat Dan Tukak Sadai Di Pulau Bangka. *Jurnal Enggano*, 3(2): 250-260.
- Kurniawan, A., Prihanto, A. A., Sari, S. P., Febriyanti, D., Sambah, A. B., and Asriani, E. 2018c. Isolation and identification of cellulolytic bacteria from mangrove sediment in bangka island. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 137(1): p. 012070
- Kurniawan, A., Sari, S.P., Prihanto, A.A., Asriani, E., Kurniawan, A., and Sambah, A.B. 2019. Molecular Identification of Cellulolytic Bacteria From Mangrove Sediment at Tin Mining Region In West Bangka. *International Journal of Applied Biology*, 3(1):7-14.
- Lamid, M., Julita, A. F. E. dan Widjaya, N. M. R. 2013. Inokulasi Bakteri Selulolitik *Actinobacillus* sp. Asal Rumen pada Daun Jati Menurunkan Serat Kasar dan Meningkatkan Protein Kasar. *Jurnal Veteriner*, 14(3):279-284.
- Sari, S.P. and Rosalina, D. 2016. Mapping and monitoring of mangrove density changes on tin mining area. *Procedia Environmental Sciences*, 33: 436-442.
- Sumerta, I.N. dan Kanti, A. 2017. Keanekaragaman khamir yang diisolasi dari sumber daya alam pulau Enggano, Bengkulu dan potensinya sebagai pendegradasi selulosa. *Berita Biologi*, 15(3):247-255.
- Supriyati, S., Anggoro, S. dan Widyorini, N. 2018. Kelimpahan Bakteri Heterotrof Sedimen Pada Berbagai Tipe Kerapatan Di Kawasan Konservasi Mangrove Desa Bedono, Kecamatan Sayung, Demak. *Management of Aquatic Resources Journal*, 6(3):311-317.
- Suryadi, H., dan Sari, H. R. 2017. Preparation of Microcrystalline Cellulose from Water Hyacinth Powder by Enzymatic Hydrolysis Using Cellulase of Local Isolate. *Journal of Young Pharmacists*, 9(1):12-19.
- Yao, X. F., Zhang, J. M., Tian, L., and Guo, J. H. 2017. The effect of heavy metal contamination on the bacterial community structure at Jiaozhou Bay, China. *Brazilian Journal of Microbiology*, 48(1):71-78.