

**DIVERSITAS BAKTERI PENGURAI SASAH DAUN
MANGROVE *AVICENNA LANATA* DI HUTAN MANGROVE
DESA SUNGAI BAKAU BESAR**

(Diversity of bacteria decomposing mangrove leaf litter avicenna lanata in mangrove forest sungai bakau besar village)

Asri Mulya Ashari^{1*}, dan Warsidah²

¹Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Tanjungpura

²Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas MIPA, Universitas Tanjungpura

*Corresponding author, e-mail: asri.mulyaashari@faperta.untan.ac.id

Diterima : 6 Mei 2021 / Disetujui : 4 Agustus 2021

ABSTRAK

Bakteri merupakan komponen utama dari suatu ekosistem dan menempati sebanyak-banyaknya ruang di dalam lingkungan tersebut, termasuk ekosistem mangrove. Bakteri memiliki fungsi utama sebagai pengurai bahan organik dalam lingkungan mangrove untuk dikonversi menjadi sumber energy bagi tumbuhan dan hewan dalam ekosistem yang sama. Tingginya produktivitas mangrove dalam suatu ekosistem tergantung pada aktivitas dari bakteri pengurainya. *Avicenna lanata* adalah salah satu pohon mangrove yang secara alamiah tumbuh dan berkembang dengan baiknya di kawasan mangrove Desa Sungai Bakau Besar kabupaten Mempawah. Kemampuan mengurai serasah daun *A. lanata* dari bakteri-bakteri dalam ekosistem tersebut menentukan tingkat produktivitas ekosistem mangrovenya. Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan jumlah dan jenis genus bakteri pengurai serasah daun *A. lanata* pada ekosistem mangrove tersebut, dan dari hasil penelitian menunjukkan ditemukannya 11 spesies bakteri dari stasiun 1 yaitu *Bacillus A*, *Bacillus B*, *Listeria*, *Pseudomonas A*, *Pseudomonas B*, *Vibrio*, *Actinobacillus*, *Kurthia*, *Azotobacter*, *Corynebacterium A* dan *Corynebacterium B* dan 9 spesies bakteri di stasiun 2 yaitu *Bacillus A*, *Listeria sp.*, *Pseudomonas A*, *Pseudomonas B*, *Vibrio sp.*, *Actinobacillus sp.*, *Alcaligenes sp.*, *Serratia sp.*, *Sporosarcina sp.*

Kata kunci: *Diversitas, bakteri pengurai, serasah, Avicenna lanata, mangrove*

ABSTRACT

Bacteria are the main components of an ecosystem and occupy as much space as possible in the environment, including the mangrove ecosystem. Bacteria have the main function as decomposers organic matter in the mangrove environment to be converted into a source of energy for plants and animals in the same ecosystem. The high productivity of mangroves in an ecosystem depends on the activity of the decomposing bacteria. Avicenna lanata is one of the mangrove trees that naturally grows and develops well in the mangrove area of Sungai Bakau Besar Village in Mempawah regency. The ability to break down A. lanata leaf litter from bacteria in the ecosystem determines the productivity level of the mangrove ecosystem. The purpose of this study was to determine the number and type of genus of A. lanata leaf litter decomposing bacteria in the mangrove ecosystem, and the results showed that bacteria from the

genus *Bacillus*, *Kurthia*, *Sporosarcina*, *Listeria*, *Corynebacterium*, *Azotobacter*, *Alcaligenes*, *Pseudomonas*, *Serratia*, *Vibrio* were found., and *Actinobacillus*.

Keywords: *Diversity, decomposing bacteria, litter, Avicenna lanata, mangroves*

PENDAHULUAN

Mangrove dapat tumbuh di kondisi lingkungan bersalinitas antara air tawar dan air laut. Air laut memiliki kandungan salinitas 35 gr/l garam yang menunjukkan potensi osmotiknya sebesar 2,5 MPa. Mangrove masih dapat ditemukan pada lingkungan dengan kondisi kandungan garam yang tinggi (hypersaline). Beberapa mekanisme mangrove dalam beradaptasi dengan kadar garam tinggi antara lain adalah, pelepasan kandungan garam dari dalam tubuh mangrove yang dilakukan oleh akar, dapat bertoleransi terhadap kadar garam tinggi dan melalui mekanisme pengeluaran kandungan garam melalui sekresi (Hogarth 2007). Mangrove terdiri dari beberapa varietas yang tersebar ke lingkungan pertumbuhan dari pesisir pantai sampai muara sungai.

Ekosistem mangrove adalah lingkungan tumbuh kembangnya komunitas bakteri yang merupakan komponen utama dari fungsi lingkungan serta menempati sejumlah celah di dalam lingkungan tersebut (Sari *et al.* 2017). Ekosistem mangrove terdiri dari komponen biotik dan abiotik, di mana ekosistemnya tergolong unik karena adanya pengaruh daratan dan lautan. Interaksi secara kompleks terjadi antara faktor kimia, fisik dan biologi dari lingkungan hutan mangrove sehingga ekosistem ini dikenal dengan sebutan interface ecosystem, yaitu sebagai penghubung antara daratan dan daerah pesisirnya (Arief 2003). Keanekaragaman dan kerapatan vegetasi mangrove dalam suatu ekosistem sangat berpengaruh terhadap kecukupan bahan organik sebagai kebutuhan dasar biota dan tergantung pada kecepatan penguraian serasah daun mangrove sampai melapuknya pada daerah sedimen. Penguraian serasah daun dapat berlangsung dengan bantuan mikroorganisme. Mikroorganisme memiliki peran penting dalam system transformasi nutrisi dalam ekosistem mangrove. Yanying Zhang *et al.* (2009), melaporkan bahwa mikroorganisme berperan utama dalam produktivitas mangrove, konservasi dan rehabilitasi ekosistemnya (Zhang *et al.* 2009). Mikroorganisme dalam sedimen memegang peran penting dalam proses pemulihan, peningkatan produksi, dan konservasi lingkungan dengan mengatur siklus biogeokimia dan kontributor sumber energi untuk hewan dan tumbuhan di sekitarnya (Mendes dan Tsai 2014). Biodiversitas bakteri ekosistem mangrove tergantung pada beberapa parameter fisika, kimia dan biologi antara lain pH perairan, salinitas, iklim, vegetasi mangrove, nutrisi dan lokasi kawasan mangrove (Hrenović *et al.* 2003). Das *et al.* (2006), melaporkan bahwa bakteri yang memiliki kemampuan berfotosintesis berperan melalui proses fiksasi nitrogen, aktivitas metanogenesis, aktivitas untuk produksi enzim dan antibiotik. Aktivitas mikroorganisme seperti bakteri dan jamur pada ekosistem mangrove mampu meningkatkan produktivitas di lingkungan mangrove, dengan mendekomposisi bahan-bahan organik dan pada akhirnya dapat menghasilkan hara dalam jumlah besar. Kelimpahan unsur hara di lingkungan tersebut diperoleh melalui proses mineralisasi karbon dan fiksasi serta asimilasi nitrogen (Blum *et al.* 1988; Das *et al.* 2006). Salah satu sumber senyawa organik dalam ekosistem mangrove adalah serasah daun mangrove. Bakteri mangrove mendekomposisi serasah untuk memproduksi bahan organik yang diperlukan oleh tanaman di lingkungan tersebut, dan sebagian bahan

organik tersebut akan terbawa air surut ke lingkungan perairan sekitarnya (Dewi 2009). Beberapa penelitian telah melaporkan adanya jenis bakteri pengurai serasah daun mangrove antara lain oleh penelitian Yulma *et al.* (2017), di Kawasan Konservasi Mangrove dan Bekantan (KKMB) berhasil mengidentifikasi sebanyak 6 jenis bakteri dari *Rhizophora apiculata*, 7 jenis bakteri dari serasah *Bruguiera parviflora*, dan sebanyak 5 jenis bakteri dari serasah *Sonneratia alba* serta 8 jenis bakteri dari serasah *A. alba*. Oleh Dea (2000) ditemukan beberapa genus bakteri pengurai serasah daun mangrove antara lain adalah *Bacillus*, *Yersinia* dan *Corynebacterium*.

Desa Sungai Bakau Besar yang menjadi lokasi penelitian ini memiliki hutan mangrove seluas $\pm 30,8$ ha yang memiliki potensi produktivitas tinggi. Hutan ini didominasi oleh tanaman mangrove jenis *Avicennia lanata* yang tumbuh dan berkembang secara alamiah (Khairuddin 2016), *A. lanata* merupakan salah satu sumber bahan organik melalui siklus daur hara. Serasah daun *A. lanata* adalah kontributor terbanyak dalam produksi unsur hara untuk kesuburan lingkungan (Kandasamy Bingham 2001).

Bakteri mendekomposisi daun serasah dan hasil proses dekomposisi digunakan untuk kehidupan tanaman dan hewan lainnya dalam ekosistem tersebut. Tujuan dari penelitian ini mengisolasi dan mengidentifikasi bakteri yang mendekomposisi serasah daun *A. lanata* sebagai informasi dasar tentang bakteri pengurai pada serasah daun *A. lanata* di ekosistem Mangrove Desa Bakau Besar.

METODE PENELITIAN

Penyiapan dan Pengambilan sampel

Pengambilan sampel serasah daun *A. lanata* dilakukan di wilayah Bakau Besar, selanjutnya isolasi dan identifikasi bakteri dekomposer dari serasah daun *A. lanata* tersebut di Laboratorium Jurusan Ilmu Kelautan Universitas Tanjungpura. Penentuan titik sampling berdasarkan metode *purposive sampling*, dengan menempatkan stasiun 1 dan 2 di daerah yang padat dengan pohon *A. lanata*.

Alat dan bahan

Peralatan yang digunakan antara lain penampung/littertrap, kantong plastik, tali, oven, timbangan analitik, aluminium foil dan alat-alat gelas secara umum. Bahan dalam penelitian ini antara lain serasah daun *A. lanata*, larutan H₂O₂, Trypticase Soy Agar (TSA), kertas strip oksidase dan paraffin.

Pengumpulan Sampel Serasah

Teknik pengumpulan sampel serasah dilakukan seperti metode yang dilakukan oleh Simanjuntak *et al.* (2015), yaitu dengan menggunakan littertrap, serasah daun segar dikumpulkan setiap 15 hari, selanjutnya dimasukkan ke dalam plastik sampel dan ditimbang. Isolasi bakteri dari serasah daun *A. lanata* menggunakan metode agar tabur seperti yang dilakukan oleh Ritonga (2012), sebanyak 10 gr sampel yang diambil langsung dari kantong sampel yang dikumpulkan dari hari 1-15, dihancurkan dan disuspensikan dengan 90 mL air sungai steril, kemudian dihomogenkan, lalu dibuat larutan sampel dengan pengenceran sampai 10⁻⁷. Dari stock pengenceran, sebanyak 0.1 mL didispersikan secara merata ke permukaan media TSA, kemudian isolat diinkubasi pada suhu 37°C selama 48 - 72 jam.

Isolat bakteri yang diperoleh selanjutnya diamati secara morfologis meliputi warna, bentuk, elevasi dan tepian koloninya. Tahap terakhir adalah dengan melakukan identifikasi pewarnaan gram dan uji biokimia untuk menentukan karakteristik genus

dari bakteri pengurai *A. lanata* tersebut, menggunakan rujukan buku Bergeys's Manual of Determinative Bacteriology (Holt *et al.* 1994).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Desa Sungai Besar Kabupaten Mempawah memiliki ekosistem mangrove yang didominasi oleh *Avicenna lanata*. Dalam penelitian di wilayah ini, isolasi dan identifikasi bakteri pengurai serasah *A. lanata* dilakukan pada 2 stasiun yaitu di daerah muara dan daerah yang dekat dengan lahan pemukiman penduduk. Vegetasi *A. lanata* di lingkungan hutan mangrove ini tumbuh secara alamiah dan mendominasi keberadaan pohon mangrove lainnya.

Tabel 1. Parameter Lingkungan pada Lokasi I dan Lokasi II

Lokasi	Parameter Lingkungan			
	Suhu (°C)	Salinitas (ppt)	pH	Oksigen Terlarut (mg/l)
Lokasi I	32,3	12,7	6,97	3,33
Lokasi II	30,6	10,6	7,17	3,75

Suhu, salinitas, pH dan oksigen terlarut mempengaruhi keberadaan bakteri dekomposer serasah daun mangrove *A. lanata* baik secara tidak langsung maupun langsung. Kualitas perairan suhu, pH, salinitas dan DO berpengaruh langsung terhadap kualitas pertumbuhan mangrove (Schaduw 2018). Dalam proses fisiologis tumbuhan seperti pada proses fotosintesis dan respirasi, suhu berperan penting, dan suhu optimum berbeda untuk setiap vegetasi mangrove. Daun baru pada *Avicennia* pada umumnya umumnya terbentuk pada suhu 18-20°C dan jika suhu lebih tinggi maka produktivitas akan menurun (Alwidakdo *et al.* 2014). Kedua stasiun dalam penelitian ini menunjukkan suhu perairan di atas 20°C sehingga tidak mendukung pertumbuhan daun-daun baru bagi vegetasi *A. lanata*, disebabkan oleh karena intensitas matahari di Kalimantan Barat memang lebih tinggi terutama pada musim-musim tertentu. Beberapa vegetasi mangrove seperti *Rhizophora* sp. dan *Avicennia* sp. hidup pada tanah atau sedimen dengan nilai pH 6,6 dan 6,2 dalam kondisi berair, atau pH 4,6 dan 5,7 untuk kondisi tanah aerobik dan cenderung kering (Aksornkoae 1993). Kondisi pH pada kedua stasiun penelitian berada di atas pH optimal yaitu 6,97 cenderung netral karena pengaruh air laut dan 7,17 lebih tinggi kemungkinan karena pengaruh dekat dengan aktivitas manusia di darat.

Konsentrasi salinitas yang tinggi (>35 ppt) memiliki pengaruh buruk terhadap vegetasi mangrove, menimbulkan tekanan osmotik yang negatif. Terjadinya perubahan salinitas tidak berpengaruh langsung pada vegetasi mangrove tetapi berefek buruk bagi biota yang berasosiasi dengan vegetasi mangrove seperti fitoplankton, kepiting, udang dan kepah yang berpengaruh terhadap penurunan oksigen terlarut atau Dissolved Oxygen (DO) (Schaduw 2018). Dalam dekomposisi serasah oleh bakteri atau fungi, oksigen terlarut memiliki peran penting dalam dan juga dalam proses respirasi dan fotosintesis. Oksigen terlarut adalah kebutuhan semua makhluk hidup baik untuk proses respirasi, metabolisme untuk memproduksi energi yang digunakan untuk pertumbuhan dan perkembangbiakan. Kandungan DO yang sesuai untuk kehidupan biota perairan adalah >5 mg/l (Amri *et al.* 2018). Berdasarkan nilai DO yang ada pada kedua stasiun menunjukkan nilai di bawah 5 mg/L tetapi masih dapat ditoleransi oleh

beberapa biota yang hidup dalam ekosistem tersebut, kemungkinan juga karena salinitasnya yang cukup rendah sehingga dapat mendukung tidak optimalnya kondisi lingkungan lainnya.

Berdasarkan Tabel 1 menunjukkan bahwa parameter lingkungan tidak jauh berbeda antara stasiun I dan II karena aliran air yang terbentuk masih berada dalam ruang lingkup yang sama. Lokasi I sangat dipengaruhi oleh masuknya air laut dan air tawar disebabkan lokasi yang berada dekat muara. Apabila dilihat dari segi parameter salinitas perairan maka lokasi I memiliki kadar yang sedikit lebih tinggi dibanding lokasi II.

Diversitas bakteri pengurai serasah *A. lanata* di stasiun 1 teridentifikasi 11 spesies bakteri antara lain adalah genus *Bacillus A*, *Bacillus B*, *Listeria*, *Pseudomonas A*, *Pseudomonas B*, *Vibrio*, *Actinobacillus*, *Kurthia*, *Azotobacter*, *Corynebacterium A* dan *Corynebacterium B*. *Corynebacterium*, *Bacillus* dan *Pseudomonas* merupakan genus bakteri yang mendominasi stasiun I (Ningsih *et al.* 2014), pada penelitian sebelumnya di daerah peniti yaitu garis pantai yang masih sejajar dengan Desa Bakau Besar ini, melaporkan bahwa genus *Pseudomonas*, *Bacillus* dan *Corynebacterium* sebagai genus bakteri pengurai serasah *A. alba* yang dominan dalam ekosistem tersebut. Sutiknowati (2010), juga melaporkan bakteri pengurai senyawa organik yang dominan pada ekosistem mangrove tergolong sebagai bakteri heterotrof seperti *Pseudomonas*, *Bacillus* dan *Enterobacter*.

Bakteri *Pseudomonas sp.* merupakan salah satu bakteri yang berperan dalam proses nitrifikasi Purushothaman dan Jayalakshmi (2006), yaitu reaksi oksidasi yang merombak ammonia menjadi nitrit atau nitrat untuk dilarutkan dalam air laut dan sedimen. Selain itu ketiga jenis bakteri yang dominan atau melimpah keberadaannya di ekosistem mangrove ini, juga dapat beradaptasi pada range suhu yang luas antara 0-43⁰C dan dapat mendekomposisi proein dan kitin (Das *et al.* 2006). Selain itu, pada penelitian Ningsih *et al.* (2014), telah mengidentifikasi 3 spesies yang berbeda dari genus *Pseudomonas* dari serasah *A. alba* di daerah Peniti Kabupaten Mempawah. zGenus bakteri yang berperan dalam penguraian fosfor seperti *Pseudomonas* mempunyai kemampuan melarutkan fosfor yang dimanfaatkan tanaman membantu penyediaan hara dan membantu dekomposisi bahan organik.

Tabel 2. Hasil Identifikasi dari Bakteri Pengurai Serasah *A. lanata* di Ekosistem Mangrove Desa Bakau Besar

Nama Bakteri	Stasiun 1	Stasiun 2
<i>Bacillus A</i>	√	√
<i>Bacillus B</i>	√	-
<i>Listeria sp.</i>	√	√
<i>Pseudomonas A</i>	√	√
<i>Pseudomonas B</i>	√	√
<i>Vibrio sp.</i>	√	√
<i>Actinobacillus sp.</i>	√	√
<i>Kurthia sp.</i>	√	-
<i>Azotobacter sp.</i>	√	-
<i>Corynebacterium A</i>	√	-
<i>Corynebacterium B</i>	√	-
<i>Alcaligenes sp.</i>	-	√
<i>Serratia sp.</i>	-	√

<i>Sporosarcina</i> sp.	-	√
Total Spesies Bakteri	11	9

Keterangan :

√ : ada

- : tidak ada

Pada lokasi II dari tempat isolasi sampel di ekosistem mangrove tersebut, teridentifikasi isolat bakteri pada serasah daun *A. lanata* sebanyak 9 genus di antaranya adalah *Bacillus A*, *Listeria*, *Vibrio*, *Alcaligenes*, *Serratia*, *Actinobacillus*, *Pseudomonas A*, *Pseudomonas B* dan *Sporosarcina*. Keragaman spesies bakteri pengurai serasah di stasiun II lebih rendah daripada stasiun 1 kemungkinan karena kondisi lingkungan stasiun yang dekat dengan lahan pemukiman penduduk. Penelitian Rudiansyah *et al.* (2017), menunjukkan bahwa keanekaragaman bakteri dari sedimen tanah ekosistem mangrove Peniti, wilayah yang segaris pantai dan tak jauh dari lokasi penelitian ini dipengaruhi oleh adanya aktivitas masyarakat, seperti pembukaan lahan untuk perumahan serta limbah buangan rumah tangga yang masuk ke dalam siklus aliran air. Selain itu stasiun I memiliki vegetasi yang masih alami sehingga tutupan kanopi lebih tinggi. Lokasi stasiun II berada dalam siklus aliran estuari menyebabkan terjadi proses penambahan kandungan organik yang sangat mendukung pertumbuhan bakteri pengurai serasah daun (Islamiah *et al.* 2017).

Eksistensi keberadaan bakteri pengurai serasah *A. lanata* ditunjukkan dengan keberagaman spesies bakteri yang teridentifikasi pada kedua stasiun penelitian Berdasarkan waktu pengamatan kelimpahan bakteri pengurai serasah *A. lanata* menunjukkan bahwa rentang hari 1-15 hari dari pengumpulan serasah menunjukkan setiap jenis bakteri menghasilkan koloni yang lebih banyak dari pada yang dihasilkan pada pengamatan 15 hari berikutnya. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh kelimpahan substrat serasah sebagai sumber senyawa organik yang masih belum terdekomposisi pada awal pengumpulan serasah, sehingga dibandingkan kelimpahan substrat jauh lebih besar daripada pengamatan pada 15 hari kemudian yang kemungkinan substrat berkurang karena serasah telah terdekomposisi sebagian.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa bakteri pengurai serasah daun *A. lanata* di Desa Sungai Besar Mempawah teridentifikasi sebanyak 11 spesies bakteri dari stasiun 1 yaitu *Bacillus A*, *Bacillus B*, *Listeria*, *Pseudomonas A*, *Pseudomonas B*, *Vibrio*, *Actinobacillus*, *Kurthia*, *Azotobacter*, *Corynebacterium A* dan *Corynebacterium B* dan 9 spesies bakteri di stasiun 2 yaitu *Bacillus A*, *Listeria* sp., *Pseudomonas A*, *Pseudomonas B*, *Vibrio* sp., *Actinobacillus* sp., *Alcaligenes* sp., *Serratia* sp., *Sporosarcina* sp.,

DAFTAR PUSTAKA

- Aksornkoe, S. 1993. Ecology and management of mangroves. In *Iucn* (Issue May). IUCN.
- Alwidakdo, A., Azham, Z., dan Kamarubayana, L. 2014. Studi Pertumbuhan Mangrove Pada Kegiatan Rehabilitasi Hutan Mangrove Hutan Mangrove Merupakan. *Jurnal*

Agrifor, Xiii(1), 11–18.

Amri, K., Muchlizar, dan Ma'mun, A. 2018. Variasi Bulanan Salinitas, pH, dan Oksigen Terlarut di Perairan Estuari Bengkalis. *Globe Majalah Ilmiah*, 20(2), 57–66.

Arief, A. 2003. *Hutan Mangrove Fungsi dan Manfaatnya*. Kanisius.

Blum, L. K., Mills, A. L., Zieman, J. C., dan Zieman, R. T. 1988. Abundance Of Bacteria and Fungi In Seagrass and Mangrove detritus. *Marine Ecology Progress Series*, 42, 73–78.

Das, S., Lyla, P. S., dan Khan, S. A. 2006. Marine microbial diversity and ecology: Importance and future perspectives. *Current Science*, 90(10), 1325–1335.

Dea, F. 2000. Analisis Bakteri Pengurai Serasah Daun Mangrove Kawasan Hutan Mangrove Stasiun Kelautan Dumai. Laporan hasil penelitian tahun 2000. Riau: Pusat Penelitian Kawasan Pantai dan Perairan, Universitas Riau. 1-52

Dewi, N. 2009. Laju Dekomposisi Serasah Daun *Avicennia Marina* Setelah Aplikasi Fungi *Aspergillus Sp* Pada Berbagai Tingkat Salinitas. [Skripsi]. Medan: Departemen Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara

Hogarth P.J. 2007. *The Biology Of Mangrove And Seagresses*. Oxford University Press.

Hrenović, Jasna ; Viličić, Damir ; Stilinović, B. 2003. Influence of nutrients and salinity on heterotrophic and coliform bacteria in the shallow, karstic Zrmanja Estuary (eastern Adriatic Sea). *Ekoloji, The Journal of Environemnt*, 130–1361(12), 46.

Islamiah, D. N., Linda, R., dan Rahmawati. 2017. Jenis-jenis Bakteri Rizosfer Kawasan Tanah Mangrove *Avicennia* di Kelurahan Terusan, Kecamatan Mempawah Hilir, Kalimantan Barat. *Jurnal Protobiont*, 6(3), 165–172.

Jhon G. Holt, Noel R. Krieg, Peter H. A. Sneath, James T. Staley, S. T. W. 1994. *Bergey's Manual Of Determinative Bacteriology* (W. R. Henayl (ed.); 9th ed.). Lippincott williams & wilkins.

https://books.google.co.in/books?id=jtMLZaa5ONcC&printsec=frontcover&dq=Bergey's+Manual+of+Determinative+Bacteriology&hl=en&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q&f=true

Kandasamy, K., dan Bingham, B. L. 2001. *Biology of Mangroves and Mangrove Ecosystems*. 40 : 82-25. [https://doi.org/10.1016/S0065-2881\(01\)40003-4](https://doi.org/10.1016/S0065-2881(01)40003-4)

Khairuddin, B. 2016. Strategi Kebijakan Pengelolaan Ekosistem Mangrove Secara Terpadu Dan Berkelanjutan Di Kabupaten Mempawah Propinsi Kalimantan Barat. [Disertasi]. Bogor: Prodi Pengelolaan Sumberdaya Pesisir dan Laut, Institut Pertanian Bogor.

Mendes, L. W., dan Tsai, S. M. 2014. Variations of bacterial community structure and composition in mangrove sediment at different depths in Southeastern Brazil. *Diversity*, 6(4), 827–843. <https://doi.org/10.3390/d6040827>

- Ningsih, R., Khotimah, S., dan Lovadi, I. 2014. Bakteri Pendegradasi Selulosa dari Serasah Daun *Avicennia alba* Blume di Kawasan Hutan Mangrove Peniti Kabupaten Pontianak. *Protobiont*, 3(1), 34–40.
- Purushothaman, dan Jayalakshmi. 2006. Biodiversity in Mangrove Ecosystems Floral diversity: Bacteria and Fungi. *Centre of Advanced Study in Marine Biology*.
- Ritonga, D. R. 2012. Keanekaragaman Bakteri Serasah Daun *Rhizophora Apiculata* Yang Mengalami Dekomposisi Pada Berbagai Tingkat Salinitas Di Kota Pari Pantai Cermin Sumatera Utara. [Tesis]. Medan: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sumatera Utara
- Rudiansyah, D., Rahmawati, dan Rafdinal. 2017. Eksplorasi Bakteri Selulolitik dari Tanah Hutan Mangrove Peniti, Kecamatan Segedong, Kabupaten Mempawah. *Jurnal Protobiont*, 6, 255–262.
- Sari, K. W., Yunasfi, Y., dan Suryanti, A. 2017. Dekomposisi serasah daun mangrove *Rhizophora apiculata* di Desa Bagan Asahan, Kecamatan Tanjungbalai, Kabupaten Asahan, Provinsi Sumatera Utara. *Acta Aquatica: Aquatic Sciences Journal*, 4(2), 88. <https://doi.org/10.29103/aa.v4i2.308>
- Schaduw, J. N. W. 2018. Distribusi Dan Karakteristik Kualitas Perairan Ekosistem Mangrove Pulau Kecil Taman Nasional Bunaken. *Majalah Geografi Indonesia*, 32(1), 40–49.
- Simanjuntak, I. R., Nursyirwani, dan Yoswaty, D. 2015. Production, Decomposition Rate and Identification Of Bacteria on *Avicennia alba* Litter in the Coastal Zone Kuala Indragiri Riau Province. 2.
- Sinatryani, D. (2014). Kelimpahan Bakteri Selulolitik Di Muara Sungai Gunung Anyar Surabaya Dan Bancaran Bangkalan. [Skripsi]. Surabaya: Fakultas Perikanan dan Kelautan, Universitas Airlangga.
- Sutiknowati, L. I. 2010. Kelimpahan Bakteri Fosfat Di Padang Lamun Teluk Banten. *Oceanologi Dan Limnologi Di Indonesia*, 36 (1)(0125–9830), 21–35.
- Zhang Y, Junde Dong, Bin Yang, Juan Ling, Youshao Wang, and S. Z. 2009. Bacterial community structure of mangrove sediments in relation to environmental variables accessed by 16S rRNA gene-denaturing gradient gel electrophoresis fingerprinting. *Scientia Marina*, 73(3), 487–498. <https://doi.org/10.3989/scimar.2009.73n3487>
- Yulma, Y., Ihsan, B., Sunarti, S., Malasari, E., Wahyuni, N., dan Mursyban, M. 2017. Identifikasi Bakteri Pada Serasah Daun Mangrove yang Terdekomposisi di Kawasan Konservasi Mangrove dan Bekantan (KKMB) Kota Tarakan. *Journal of Tropical Biodiversity and Biotechnology*, 2(1), 28. <https://doi.org/10.22146/jtbb.27173>