



## Karakteristik Morfologis Dan Fisiologis Bakteri Endofit Dari Akar Napas Tumbuhan *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh Di Mempawah Mangrove Park (Mmp)

### *Morphological And Physiological Characterization of Endophytic From The Pneumatophores of Avicennia marina (Forsk.) Vierh In Mempawah Mangrove Park (MMP)*

Devi Yanti<sup>1\*</sup>, Rahmawati<sup>1</sup>, Rikhsan Kurniatuhadi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura, Jl. Prof. Dr. H. Hadari Nawawi, Kota Pontianak, Kalimantan Barat, 78124, Indonesia

Received: 21 September 2021;

Accepted: 30 Desember 2021;

Published: 31 Desember 2021

KATA KUNCI  
KEYWORDS

Bakteri endofit, *Avicennia marina*, *Neisseria*, *Micrococcus*, *Staphylococcus*  
*Endophytic bacteria, Avicennia marina, Neisseria, Micrococcus, Staphylococcus*

ABSTRAK

Bakteri endofit memiliki karakteristik berada dalam jaringan tumbuhan (akar, batang, daun, dan bunga) tanpa menyebabkan gangguan pada tumbuhan. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui karakteristik bakteri endofit yang diisolasi dari akar napas (Pneumatofor) tumbuhan *Avicennia marina*. Pengambilan sampel akar napas dilakukan di Mempawah Mangrove Park (MMP), Desa Pasir, Kabupaten Mempawah. Isolasi dilakukan dengan metode pengenceran dan metode tuang (*pour plate*) menggunakan media *Tryptic Soy Agar* (TSA). Karakterisasi dan Identifikasi dilakukan dengan cara melihat morfologis dan fisiologis bakteri. Hasil isolasi membuktikan beberapa isolat memiliki kemiripan dengan genus tertentu seperti Amv 111 dengan *Neisseria*, Amv 211 dengan *Micrococcus*, serta 5 isolat lainnya yaitu Amv 122, Amv 312, Amv 421, Amv 511, dan Amv 522 dengan *Staphylococcus*. Berdasarkan hasil pengamatan, genera *Neisseria*, *Micrococcus* dan *Staphylococcus* mampu tumbuh sampai kadar salinitas 30%, dan tumbuh pada suhu 28-36°C. Isolat genera *Micrococcus* dan *Staphylococcus* mampu tumbuh pada pH 5-8, sedangkan isolat genera *Neisseria* mampu tumbuh pada pH 6-8.

ABSTRACT

*Endophytic bacteria have the characteristics of living in plant tissue (roots, stems, leaves, and flowers) without causing disturbance to plants. The purpose of this study was to determine the characteristics of endophytic bacteria isolated from the pneumatophores of the Avicennia marina. Sampling was carried out in Mempawah Mangrove Park (MMP), Pasir Village, Mempawah Regency. Isolation was determined by dilution method and pour plate method using TSA media. characterization and Identification were determined by morphological and physiological bacteria. The isolation results proved that several isolations had similarities with certain genera, such as Amv 111 with Neisseria, Amv 211 with Micrococcus, and 5 other isolates, namely Amv 122, Amv 312, Amv 421, Amv 511, and Amv 522 with Staphylococcus. Based on the observation results, members of the genera Neisseria, Micrococcus and Staphylococcus can grow to a salinity level of 30%, and at a temperature of 28-36 ° C. Micrococcus and Staphylococcus genera isolates were able to grow at pH 5-8, while Neisseria genera isolates could grow at pH 6-8.*

## 1. Pendahuluan

Tumbuhan mangrove adalah tumbuhan yang memiliki kemampuan adaptasi pada kadar garam tinggi dan berada di daerah pasang surut. Tumbuhan ini memiliki akar udara yang digunakan untuk menyerap oksigen dalam keadaan tergenang. Mangrove merupakan ekosistem yang berada pada wilayah intertidal, pada wilayah tersebut terjadi interaksi yang kuat antara perairan laut, payau, sungai dan terrestrial. Interaksi ini menjadikan ekosistem mangrove mempunyai keanekaragaman yang tinggi baik berupa flora, fauna, maupun mikroba (Noor *et al.*, 2006; Martuti, 2013).

*Mempawah Mangrove Park* (MMP) merupakan pantai berlumpur pada wilayah abrasi yang menjadi objek wisata di Desa Pasir, Kecamatan Mempawah Hilir, Kabupaten Mempawah. Salah satu jenis mangrove yang terdapat di kawasan *Mempawah Mangrove Park* (MMP) yaitu *Avicennia marina*. Penelitian Novandi (2020) menunjukkan salinitas *Mempawah Mangrove Park* sebesar 31-32%. Salinitas dikawasan tersebut dapat berubah akibat pasang surut air laut dan hujan.

Kemampuan tumbuhan untuk hidup di lingkungan dengan kondisi ekstrem seperti salinitas tinggi salah satunya disebabkan adanya simbiosis dengan bakteri endofit yang dapat menghasilkan senyawa-senyawa yang membantu tumbuhan menghadapi kondisi ekstrem. *Avicennia marina* yang tumbuh di lingkungan yang ekstrem dapat menjadi inang bagi pertumbuhan bakteri endofit. Bakteri endofit adalah bakteri yang seluruh atau sebagian dari siklus hidupnya berada di jaringan tumbuhan hidup dan tidak menimbulkan penyakit pada tumbuhan (Sturz & Nowak, 2000). Hubungan simbiosis mutualisme bakteri endofit dengan inangnya menandakan sifat bakteri endofit yang tidak menyebabkan pengaruh buruk pada tumbuhan (Compant *et al.*, 2010).

Bakteri endofit berperan dalam ketahanan tumbuhan. Penelitian (Backman & Sikora, 2008) bakteri endofit membantu menginduksi ketahanan tumbuhan dengan memproduksi senyawa antimikroba, asam salisilat, enzim, etilen dan senyawa sekunder. Bakteri endofit juga dapat digunakan sebagai agen pengendali hayati. Hal ini dibuktikan dengan penelitian yang dilakukan Oktafiyanto *et al.*, (2018) diambil dari 4 lokasi, yaitu Desa Karangsong-Indramayu, Baros Bantul-Yogyakarta, Taman Wisata Alam Angke Kapuk-Jakarta dan Taman Nasional Alas Purwo Blok Bedul-Banyuwangi tentang bakteri endofit dari perakaran tumbuhan *Avicennia* dan *Rhizopora* mampu menekan pertumbuhan *Ralstonia solanacearum* dan mematikan *Meloidogyne*. Selain itu, beberapa bakteri endofit hasil isolasi juga mampu memproduksi senyawa enzim protease dan kitinase, sedangkan Bakteri endofit dari tumbuhan mangrove di India berpotensi memproduksi antibiotik, enzim pektinase, protease, kitinase, lipase, hormon auksin, penyedia fosfat, dan berperan dalam fiksasi nitrogen (Gayathri &

Muralikrisan 2013). Bakteri endofit tumbuhan *Avicennia marina* juga berpotensi sebagai senyawa antimikroba dan penghasil enzim L-asparaginase (Rismawati, 2018; Nursyam & Prihanto, 2018).

Penelitian bakteri endofit pada akar *Avicennia marina* yang dilakukan Ntabo *et al.*, (2018) di dua lokasi pengamatan yang termasuk wilayah Kenya berhasil memperoleh 5 isolat yaitu *Bacillus sp.*, *B. thuringiensis*, *B. safensis*, *Myroides sp.*, dan *Streptomyces krainskii*. Selain itu, beberapa bakteri endofit yang diisolasi dari akar napas (*Pneumatofor*) *A. marina* di India diperoleh 3 isolat yaitu *Bacillus sp.*, *Enterobacter sp.* dan *Sporosarcina aquimarina* (Janarthine *et al.*, 2011). Keberadaan bakteri endofit pada bagian akar napas *A. marina* di kawasan *Mempawah Mangrove Park* (MMP) belum ada informasi, sehingga penelitian ini perlu dilakukan untuk mengetahui keanekaragaman bakteri endofit dan koloni genera bakteri endofit yang terdapat dalam jaringan tumbuhan *A. marina*. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengisolasi dan mengidentifikasi bakteri endofit dari akar napas (*Pneumatofor*) *A. marina* di kawasan tersebut.

## 2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus 2019 hingga November 2019. Pengambilan sampel akar napas tumbuhan *A. marina* dilakukan di *Mempawah Mangrove Park* Desa Pasir, Mempawah, Kalimantan Barat. Isolasi, karakterisasi dan identifikasi dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tanjungpura.

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah *aluminium foil*, *autoklaf*, *Biological Safety Cabinet* (BSC), batang pengaduk, bunsen, cawan petri, *cover glass*, *erlenmeyer*, gelas piala, gelas ukur, gelas objek, *hotplate*, inkubator, jarum ose, mortar dan pestle, mikroskop, oven, pipet tetes, pinset, pisau, rak tabung, salinometer, spatula, spuit 1cc, tabung reaksi, termohyrometer, thermometer, timbangan, dan vortex.

Bahan-bahan yang digunakan adalah sampel akar napas (*Pneumatofor*) tumbuhan *A. marina*, akuades, alkohol, clorox 4%, *crystal violet*, hidrogen peroksida (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) 3%, iod, media *Motility Indole Ornithin* (MIO), NaCl, media *Nutrient Agar* (NA), media *Nutrient Broth* (NB), media *Oksidase Fermentatif* (OF), media *Simmon's Citrate Agar* (SCA), media *Tryptic Soy Agar* (TSA), media *Triple Sugar Iron Agar* (TSIA), media *Urea Agar Best*, minyak imersi, parafin, *reagen Kovac's*, safranin, dan spritus.

Pengambilan sampel akar napas *A. marina* menggunakan metode sistematis (*Systematic sampling*) yaitu menelusuri kawasan *Mempawah Mangrove Park* dan menentukan 5 titik area *A. marina* (Adiarti, 2013). Setiap titik dipilih 5 pohon yang memiliki umur sekitar 1-2 tahun, pada setiap pohon diambil 3 akar napas. Masing-masing titik yang diambil terdapat 15 akar napas, sehingga pada 5 titik diperoleh 75 akar napas. Akar napas diambil (5 sampai 7 cm) dengan cara dipotong menggunakan

gunting, sampel disimpan dalam plastik dan diberi label. Selanjutnya dianalisis di laboratorium (Shiva & Beasley, 2005).

Sampel akar napas dibersihkan selama 5-8 menit di air mengalir, selanjutnya sampel disterilisasi dalam rendaman *clorox* 4% selama 5 menit, dimasukkan kedalam rendaman alkohol 70% selama 1 menit dan dibilas sebanyak 3 kali dengan akuades steril. Setelah sampel kering dihaluskan dengan cara digerus menggunakan mortar steril sampai halus. Hasil penggerusan ditimbang sebanyak 10 g dimasukkan ke dalam erlenmeyer yang berisi akuades steril 90 ml, kemudian 1 ml suspensi dimasukkan ke dalam 9 ml akuades steril (pengenceran  $10^{-1}$ ), pengenceran dilakukan hingga  $10^{-3}$ , setiap pengenceran dihomogenisasi menggunakan vorteks dan diinokulasi ke dalam media TSA dengan metode tuang (*pour plate*) sebanyak 1 ml, diinkubasi pada suhu  $37^{\circ}\text{C}$  selama 24 jam (Rismawati, 2018).

Koloni bakteri yang tumbuh dipurifikasi sehingga didapatkan isolat murni. Selanjutnya dilakukan pengamatan karakteristik morfologis bakteri secara makroskopis dan mikroskopis. Pengamatan makroskopis meliputi: bentuk koloni, elevasi koloni, bentuk tepi koloni, permukaan koloni, dan warna koloni. Pengamatan mikroskopis meliputi: bentuk sel dan pewarnaan gram.

Pewarnaan gram dilakukan dengan menginokulasikan isolat di atas gelas objek yang sudah ditetesi akuades dengan menggunakan jarum *ose*, selanjutnya diratakan dan dikering anginkan. Setelah kering ditetesi dengan *crystal violet* selama 1 menit, dibersihkan dengan akuades, ditetesi dengan iod selama 1 menit, dibersihkan dengan akuades, dibersihkan dengan alkohol sampai warnanya menjadi pudar, selanjutnya ditetesi dengan safranin selama 20 detik dan dibersihkan dengan akuades kembali, kemudian dikering anginkan dan diamati dibawah mikroskop (Waluyo, 2008).

Pengamatan karakteristik fisiologis bakteri menggunakan uji biokimia dan uji kemampuan pertumbuhan bakteri. Uji biokimia yang digunakan untuk mengidentifikasi genera antara lain: uji katalase, uji MIO (*Motility Indole Ornithine*), uji TSIA (*Triple Sugar Iron Agar*), uji sitrat, uji urease dan uji oksidatif fermentatif (OF). Uji katalase dilakukan dengan cara mengoleskan isolat bakteri pada gelas objek menggunakan jarum *ose*, ditetaskan dengan hidrogen peroksida ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) 3% sebanyak 1-2 tetes. Hasil reaksi positif jika terdapat gelembung gas ( $\text{O}_2$ ) (Waluyo, 2008).

Uji motilitas, Indol dan Ornithin bakteri dilakukan dengan menusukkan jarum *ose* lurus yang terdapat isolat bakteri kedalam tabung yang berisi media MIO. diinkubasi pada suhu  $37^{\circ}\text{C}$  selama 24 jam. Bakteri dinyatakan motil jika media menjadi keruh karena bakteri tumbuh menyebar menjauhi garis inokulasi. Pembacaan hasil Ornithin dekarboksilase dapat dilihat adanya perubahan bagian anaerob media, uji positif ditandai dengan media berwarna abu-abu, biru atau ungu dan uji negatif ditandai dengan warna kuning. Pembacaan hasil Indol positif jika terbentuk cincin merah di permukaan atas media setelah ditambahkan satu tetes *reagen kovaks*.

Uji *Triple Sugar Iron Agar* (TSIA) dilakukan dengan menginokulasi isolat bakteri pada media menggunakan metode tusuk dan gores, selanjutnya diinkubasi selama 48 jam. Pembacaan hasil reaksi TSIA dilihat dari 2 bagian, yaitu *slant* (permukaan miring) dan *butt* (dasar). Hasil Uji positif memfermentasi glukosa jika bagian *slant* berwarna merah dan *butt* kuning, memfermentasi laktosa dan sukrosa jika *slant* dan *butt* warna kuning (Syahrurachman *et al.*, 2010).

Uji sitrat dilakukan dengan menginokulasi isolat bakteri pada media *Simmon's Citrate Agar* (SCA) menggunakan metode gores, kemudian diinkubasi selama 48 jam. Hasil uji positif jika media berubah warna dari hijau menjadi biru (Waluyo, 2008).

Uji urease dilakukan dengan menginokulasi isolat bakteri pada media Urea Agar (*Christensen Agar*) miring, diinkubasi pada suhu 37°C selama 48 jam. Hasil positif jika media berubah dari kuning menjadi merah muda (Waluyo, 2008).

Uji oksidatif fermentatif (O/F) dilakukan dengan menginokulasi isolat bakteri pada dua tabung reaksi yang salah satu permukaan mediana ditutup parafin. Bakteri positif memetabolisme karbohidrat secara fermentatif jika tabung yang terdapat parafin berubah warna dari hijau menjadi kuning, sedangkan bakteri memetabolisme karbohidrat secara oksidatif jika media tanpa parafin berwarna kuning (Waluyo, 2008).

Uji kemampuan pertumbuhan bakteri dilihat dari uji salinitas, uji suhu dan uji pH. Uji salinitas menggunakan suspensi bakteri yang disetarakan dengan konsentrasi 0,5 Mc Farland (Sutton, 2011). Diambilkan 1 ml dimasukkan pada media NB yang ditambahkan NaCl pada tabung reaksi dengan kadar yang berbeda, yaitu 0%, 10%, 20% dan 30%, selanjutnya dihomogenkan menggunakan vortex dan diinkubasikan selama 24 jam pada suhu kamar (Islamiah *et al.*, 2017).

Uji suhu menggunakan suspensi bakteri yang disetarakan dengan konsentrasi 0,5 Mc Farland (Sutton, 2011). 3 tabung reaksi yang berisi media NB dimasukkan masing-masing 1 ml, dihomogenkan dengan vortex dan diinkubasikan selama 24 jam pada suhu yang berbeda yaitu suhu 28°C, 32°C, dan 36°C (Islamiah *et al.*, 2017).

Uji pH menggunakan suspensi bakteri yang disetarakan dengan konsentrasi 0,5 Mc Farland (Sutton, 2011). 4 tabung reaksi yang berisi media NB dengan pH 5,6,7 dan 8 masing-masing ditambahkan 1 ml suspensi, dihomogenkan dengan vortex dan diinkubasikan selama 24 jam pada suhu kamar (Islamiah *et al.*, 2017).

Bakteri yang diperoleh dari akar napas tumbuhan *A. marina* selanjutnya diidentifikasi. Identifikasi bakteri mengacu pada buku *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology* (Holt *et al.*, 1994). *Cowan and Steel's Manual for the Identification of Medical Bacteria* (Edisi ke-3), *Journal Microbiology and Molecular Biology Reviews*. Data bakteri yang diperoleh dari akar napas *A. marina* dianalisis secara deskriptif berdasarkan hasil karakterisasi bakteri endofit yang berhasil diisolasi. Data disajikan dalam bentuk tabel dan gambar.

### 3. Hasil

Hasil isolasi bakteri endofit diperoleh 7 isolat bakteri dari akar napas tumbuhan *A. marina* di *Mempawah Mangrove Park* (MMP) dengan kode isolat yaitu Amv 111, Amv 122, Amv 211, Amv 312, Amv 421, Amv 511, dan Amv 522.

Tabel 1. Karakter Morfologis Bakteri Endofit Akar napas *A. marina* (Forsk.) Vierh

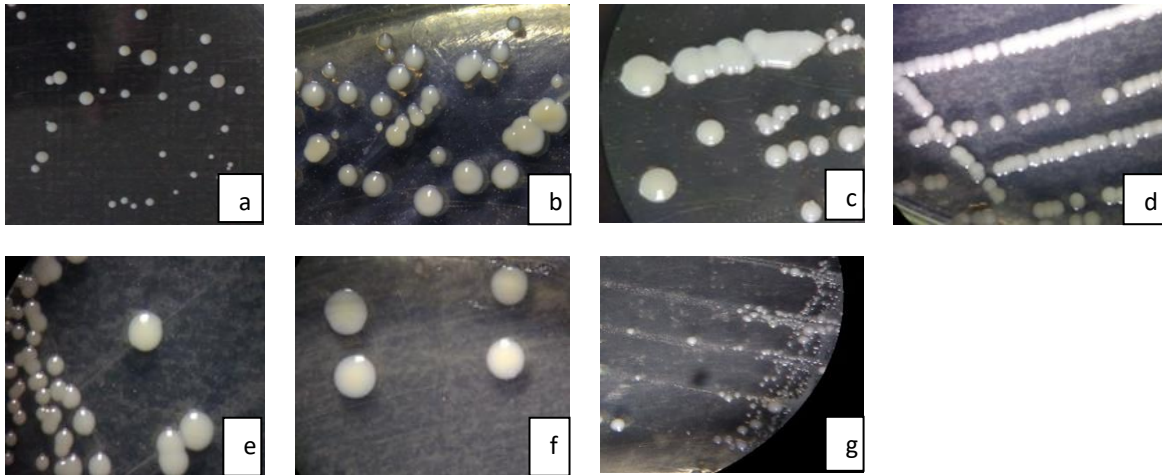
| Karakter           | Amv111          | Amv122              | Amv211              | Amv312          | Amv421              | Amv511              | Amv522              |
|--------------------|-----------------|---------------------|---------------------|-----------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| <b>Makroskopis</b> |                 |                     |                     |                 |                     |                     |                     |
| Bentuk             | <i>Circular</i> | <i>Circular</i>     | <i>Circular</i>     | <i>Circular</i> | <i>Circular</i>     | <i>Circular</i>     | <i>Circular</i>     |
| Elevasi            | <i>Convex</i>   | <i>Convex</i>       | <i>Convex</i>       | <i>Convex</i>   | <i>Convex</i>       | <i>Convex</i>       | <i>Convex</i>       |
| Tepian             | <i>Entire</i>   | <i>Entire</i>       | <i>Entire</i>       | <i>Entire</i>   | <i>Entire</i>       | <i>Entire</i>       | <i>Entire</i>       |
| Permukaan koloni   | Halus           | Halus               | Halus               | Halus           | Halus               | Halus               | Halus               |
| Warna              | Putih           | Putih<br>kekuningan | Putih<br>kekuningan | Putih           | Putih<br>kekuningan | Putih<br>kekuningan | Putih<br>kekuningan |
| <b>Mikroskopis</b> |                 |                     |                     |                 |                     |                     |                     |
| Gram               | -               | +                   | +                   | +               | +                   | +                   | +                   |
| Bentuk Sel         | <i>Coccus</i>   | <i>Coccus</i>       | <i>Coccus</i>       | <i>Coccus</i>   | <i>Coccus</i>       | <i>Coccus</i>       | <i>Coccus</i>       |
| Susunan Sel        | DC              | SC                  | DC                  | SC              | SC                  | SC                  | SC                  |

Keterangan: (DC) Diplococcus, (SC) Staphylococcus

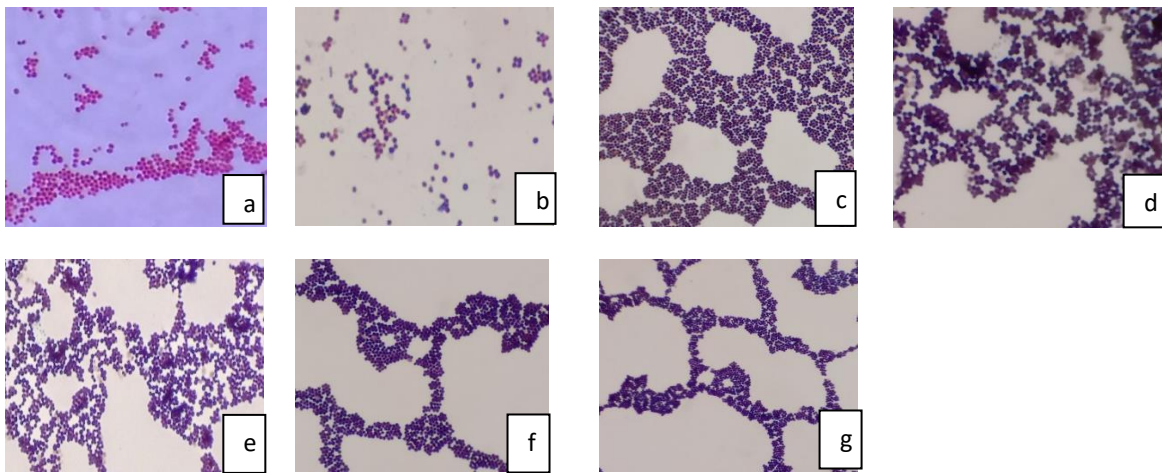
Tabel 2. Karakter Fisiologis Bakteri Endofit Akar napas *A. marina* (Forsk.) Vierh

| Karakter                                 | Amv111 | Amv122 | Amv211 | Amv312 | Amv421 | Amv511 | Amv522 |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| <b>Uji Biokimia</b>                      |        |        |        |        |        |        |        |
| Katalase                                 | -      | +      | +      | +      | +      | +      | +      |
| Motilitas                                | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      |
| Indol                                    | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      |
| Ornithin                                 | +      | +      | +      | +      | +      | +      | +      |
| TSIA                                     | A/A    | A/A    | B/B    | A/A*   | A/A*   | A/A*   | A/A*   |
| Sitrat                                   | +      | +      | +      | +      | +      | +      | +      |
| Urease                                   | +      | +      | +      | +      | +      | +      | +      |
| O/F                                      | O/F    | O/F    | O/F    | O/F    | O/F    | O/F    | O/F    |
| <b>Uji Kemampuan Pertumbuhan Bakteri</b> |        |        |        |        |        |        |        |
| <b>Salinitas</b>                         |        |        |        |        |        |        |        |
| NaCl 0%                                  | +++    | +++    | ++     | +++    | +++    | +++    | +++    |
| <b>Salinitas</b>                         |        |        |        |        |        |        |        |
| NaCl 10%                                 | ++     | +      | ++     | ++     | +++    | ++     | ++     |
| NaCl 20%                                 | +      | +      | +      | +      | +      | +      | +      |
| NaCl 30%                                 | +      | +      | +      | +      | +      | +      | +      |
| <b>Suhu</b>                              |        |        |        |        |        |        |        |
| 28°C                                     | +      | +      | +      | +++    | +      | ++     | ++     |
| 32°C                                     | +      | +      | ++     | +++    | ++     | ++     | ++     |
| 36°C                                     | ++     | +      | ++     | +++    | ++     | ++     | ++     |
| <b>pH</b>                                |        |        |        |        |        |        |        |
| pH 5                                     | -      | +      | +      | +      | +      | +      | +      |
| pH 6                                     | +      | +      | +      | +      | +      | +      | +++    |
| pH 7                                     | ++     | +++    | +++    | ++     | +++    | ++     | +++    |
| pH 8                                     | ++     | +++    | ++     | ++     | ++     | ++     | +++    |

Keterangan: (A/A) Asam, (B/B) Basa, (\*) menghasilkan gas, (O/F) Oksidatif fermentatif, (+) mampu menghasilkan, (-) tidak mampu menghasilkan.



Gambar 4.1 Karakter makroskopis isolat (a) Amv111, (b) Amv211, (c) Amv122, (d) Amv312, (e) Amv421, (f) Amv511, dan (g) Amv522



Gambar 4.2 Karakter mikroskopis isolat (a) Amv111, (b) Amv211, (c) Amv122, (d) Amv312, (e) Amv421, (f) Amv511, (g) Amv522

#### 4. Pembahasan

##### 4.1. Karakteristik Bakteri Endofit yang Diisolasi dari Akar Napas (*Pneumatofor*) Tumbuhan *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh di *Mempawah Mangrove Park* (MMP)

Berdasarkan hasil identifikasi didapatkan 7 isolat, 1 isolat genera *Neisseria*, 1 isolat *Micrococcus*, dan 5 isolat *Staphylococcus*. Pengamatan uji gram sebanyak 6 isolat bakteri yaitu isolat Amv 122, Amv 211, Amv 312, Amv 421, Amv 511, dan Amv 522 adalah bakteri gram positif yang diidentifikasi sebagai bakteri dari anggota genera *Staphylococcus* dan genera *Micrococcus* sementara 1 isolat bakteri yaitu Amv 111 adalah bakteri gram negatif yang teridentifikasi sebagai anggota genera *Neisseria*. Menurut Holt *et al.*, (1994) Genera *Neisseria* bentuk sel coccus, gram negatif, katalase positif kecuali *N. elongata*, dan nonmotil. Genera *Micrococcus* bentuk sel coccus, gram positif,

katalase positif, dan nonmotil. Genera *Staphylococcus* bentuk sel *coccus*, gram positif, katalase positif, nonmotil, dan bersifat oksidatif fermentatif.

Bakteri endofit gram positif banyak ditemukan pada akar tumbuhan *A. marina* di kawasan penelitian, menandakan bahwa bakteri gram positif lebih tahan pada kondisi lingkungan di kawasan mangrove. Menurut Barazandeh (2008) bakteri gram positif dinding selnya tersusun dari 90% peptidoglikan, komponen asam teikoat dan asam lipoteikoat. Beberapa isolat bakteri beradaptasi di lingkungan laut yang ekstrem dengan membentuk endospora.

Rahman *et al.*, (2019) berhasil mengisolasi 18 bakteri endofit dari *Avicennia marina*, 10 isolat termasuk bakteri gram positif dan diidentifikasi dalam genera *Staphylococcus*, genera *Virgibacillus*, dan genera *Bacillus*. Menurut penelitian Caranzo *et al.*, (2020) berhasil mengisolasi 8 isolat bakteri endofit dari tumbuhan *Rhizophora mucronata* di Commodo, Maasin city, dari 8 isolat bakteri 7 isolat termasuk ke dalam bakteri gram positif dan diidentifikasi ke dalam genera *Bacillus*, genera *Staphylococcus*, dan genera *Lysinibacillus*. Menurut Kumar *et al.*, (2007) bakteri gram positif seperti genera *Bacillus*, *Staphylococcus*, *Micrococcus*, *Listeria*, dan *Vibrio* menaikkan keanekaragaman hayati di kawasan mangrove.

### **Karakter Morfologis Bakteri Endofit Akar napas *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh**

Isolat Amv 111 secara makroskopis memiliki kesamaan karakter dengan genera *Neisseria* yaitu bentuk *circular*, elevasi *convex*, tepian *entire*, permukaan halus dan berwarna putih (Gambar 4.1a). Hal ini sesuai penelitian Ningsih *et al.*, (2014); Hardianti *et al.*, (2016) karakteristik koloni genera *Neisseria* berwarna putih, bentuk *circular*, elevasi *convex*, dan tepi *entire*. Isolat Amv 111 secara mikroskopis memiliki kesamaan karakter dengan genera *Neisseria* yaitu bentuk sel *coccus*, susunan sel berpasangan dan gram negatif (Gambar 4.1b). Sesuai dengan pernyataan Holt *et al.*, (1994) menunjukkan ciri khas genera *Neisseria* yaitu bentuk sel *coccus*, susunan sel bentuk tunggal tetapi lebih sering berpasangan, kadang tetrad, tergolong gram negatif. Berdasarkan uji pewarnaan gram isolat Amv 111 menandakan sel berwarna merah. Pelczar & Chan (2005) sel bakteri berwarna merah menandakan bakteri gram negatif, hal ini karena pada tahap pencucian dengan alkohol mengakibatkan pori-pori dinding sel membesar sehingga lipid penyusun dinding sel bakteri larut dan melepaskan *crystal violet* yang sudah diserap pada tahap sebelumnya.

Isolat Amv 211 secara makroskopis memiliki kesamaan karakter dengan genera *Micrococcus* yaitu bentuk *circular*, elevasi *convex*, tepian *entire*, permukaan halus dan berwarna putih kekuningan (Gambar 4.2a). Hal ini sesuai penelitian Mulia *et al.*, (2011) karakteristik koloni genera *Micrococcus* bentuk *circular*, elevasi *convex*, tepi *entire*, dan berwarna putih kekuningan.

Isolat Amv 211 secara mikroskopis memiliki kesamaan karakter dengan genera *Micrococcus* yaitu bentuk sel *coccus*, susunan sel berpasangan dan gram positif



(Gambar 4.2b). Sesuai dengan pernyataan Holt *et al.*, (1994) menunjukkan ciri khas genera *Micrococcus* yaitu bentuk sel *coccus* susunan sel berpasangan, tetrad, atau bentuk kelompok tak beraturan dalam rantai. Selain itu, genera *Micrococcus* bersifat gram positif. Berdasarkan uji pewarnaan gram isolat Amv 211 menandakan sel berwarna ungu yang menandakan bakteri gram positif. Parija (2012) bakteri gram positif tidak mengalami dekolorisasi sehingga mampu menjaga zat yodium primer berwarna ungu. Bakteri gram positif sebagian besar tersusun atas peptidoglikan, mengandung asam teikoat dan asam lipoteikoat yang berfungsi untuk mengikat zat warna ungu.

Isolat Amv 122, Amv 312, Amv 421, Amv 511, dan Amv 522 secara makroskopis memiliki kesamaan karakter dengan genera *Staphylococcus* yaitu bentuk *circular*, elevasi *convex*, tepian *entire*, permukaan halus, berwarna putih, dan putih kekuningan (Gambar 4.3a, 4.4a, 4.5a, 4.6a, dan 4.7a). Menurut Holt *et al.*, (1994) karakteristik koloni genera *Staphylococcus* bentuk *circular*, warna koloni putih, putih kekuningan, dan beberapa berwarna kuning atau orange. Menurut Ginting *et al.*, (2018) genera *Staphylococcus* elevasi *convex*, tepian *entire*, permukaan halus dan warna putih susu.

Isolat Amv 122, Amv 312, Amv 421, Amv 511, dan Amv 522 secara mikroskopis memiliki kesamaan karakter dengan genera *Staphylococcus* yaitu bentuk sel *coccus*, susunan sel bergerombol dan termasuk gram positif (Gambar 4.3b, 4.4b, 4.5b, 4.6b, dan 4.7b). Sesuai dengan pernyataan Holt *et al.*, (1994) menunjukkan ciri khas genera *Staphylococcus* yaitu bentuk sel *coccus* susunan sel tunggal, berpasangan, dan bentuk kelompok tak beraturan, tergolong gram positif. Jawetz *et al.*, (2005) menambahkan bahwa susunan sel tersusun seperti rantai pendek.

### **Karakter Fisiologis Bakteri Endofit Akar napas *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh**

Uji biokimia isolat Amv 111 memiliki karakter katalase negatif, nonmotil, ornithin positif (Tabel 4.1). Menurut Holt *et al.*, (1994) genera *Neisseria* memiliki karakter fisiologi katalase positif kecuali *N. elongata*, nonmotil, ornithin positif. Isolat Amv 111 katalase negatif, hal ini karena bakteri tidak memiliki enzim katalase untuk menghidrolisis hidrogen peroksida ( $H_2O_2$ ) sehingga tidak memproduksi  $O_2$ . Nonmotil ditandai dengan tidak adanya penyebaran koloni. Ornithin positif ditandai dengan media berwarna ungu, karena bakteri mampu mengurai asam amino menjadi amino. Menurut Usman (2015) warna ungu pada media menandakan hasil positif dan warna kuning menandakan hasil negatif.

Isolat Amv 111 menunjukkan hasil reaksi indol negatif, uji TSIA positif dan tidak menghasilkan gas (Tabel 4.1). Menurut penelitian Nofu *et al.*, (2014) genera *Neisseria* pada uji indol negatif, mampu memfermentasikan laktosa dan sukrosa, tidak menghasilkan gas dalam metabolismenya. Hasil reaksi indol negatif ditandai dengan terbentuknya cincin kuning karena triptopan pada media tidak dihidrolisis oleh isolat

Amv 111. Antriana (2014) cincin merah di permukaan media menandakan hasil reaksi positif dan cincin kuning menandakan hasil reaksi negatif. Uji indol menunjukkan bakteri mengubah asam amino triptofan menjadi indol dan asam piruvat menggunakan enzim triptofanase sehingga mudah digunakan bakteri untuk sumber energi. Uji TSIA media berwarna kuning pada *slant* dan *butt* sehingga hasil reaksi positif, hal ini menandakan isolat Amv 111 mampu memfermentasi laktosa dan sukrosa.

Isolat Amv 111 menunjukkan hasil reaksi sitrat positif, uji urease positif dan oksidatif fermentatif positif, uji (Tabel 4.1). Hal ini sesuai penelitian Ningsih *et al.*, (2014) genera *Neisseria* pada uji sitrat positif, uji urease positif dan uji oksidatif fermentatif positif. Uji sitrat menandakan hasil reaksi positif karena penggunaan sitrat oleh bakteri mengakibatkan media berwarna biru. Priharta (2008) media uji sitrat terdiri dari *Simmon's Citrate Agar* (SCA), Na sitrat berfungsi untuk sumber karbon, dan *bromthymolblue* untuk indikator. Uji urease menandakan hasil reaksi positif karena bakteri mampu membentuk amoniak sehingga mengakibatkan media berwarna merah muda. Uji oksidatif fermentatif menandakan hasil reaksi positif karena bakteri memetabolisme karbohidrat secara oksidatif dan fermentatif sehingga mengakibatkan media berwarna kuning pada kedua tabung.

Berdasarkan hasil pengamatan bakteri endofit dari akar napas tumbuhan *Avicennia marina* ditemukan bakteri genera *Neisseria* sebanyak 1 isolat. Videira *et al.*, (2013) *Neisseria* biasanya ditemukan sebagai patogen pada manusia namun genera ini juga ditemukan di dalam jaringan tanaman rumput gajah. Hasil penelitian Feliatra (2001) yang menemukan 7 genera bakteri endofit yang terdapat pada daun yaitu *Neisseria*, *Plesiomonas*, *Yersinia*, *Corynebacterium*, *Bacillus*, *Staphylococcus* dan *Acinobacter*. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Junior *et al.*, (2018) hasil isolasi bakteri endofit pada daun pisang ditemukan 13 genera diantaranya genera *Neisseria*.

Uji biokimia isolat Amv 211 memiliki karakter katalase positif, nonmotil (Tabel 4.1). Menurut Holt *et al.*, (1994) genera *Micrococcus* katalase positif dan jarang motil. Katalase positif ditandai dengan terbentuknya O<sub>2</sub>. Toelle & Lenda (2014) hal ini dikarenakan bakteri menghidrolisis hidrogen peroksida (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) menggunakan enzim katalase. Nonmotil dikarenakan koloni bakteri tidak mengakibatkan kekeruhan pada media dan hanya tumbuh lurus di bekas tusukan.

Isolat Amv 211 menunjukkan hasil reaksi indol negatif dan ornithin positif (Tabel 4.1). Menurut Yahya *et al.*, (2014) genera *Micrococcus* pada uji indol negatif dan ornithin bersifat positif. Uji TSIA negatif dan urease positif (Tabel 4.1). Menurut Cappuccino & Sherman (2014) genera *Micrococcus* hasil reaksi TSIA negatif, tidak memproduksi H<sub>2</sub>S, dan uji urease positif. uji TSIA isolat Amv 211 hasil reaksi negatif, karena media uji tetap berwarna merah menandakan bahwa isolat bakteri tidak memiliki kemampuan untuk memfermentasi sukrosa, laktosa dan glukosa.

Isolat Amv 211 menunjukkan hasil reaksi sitrat positif dan bersifat oksidatif fermentatif (Tabel 4.1). Hal ini sesuai penelitian Nofu *et al.*, (2014) genera *Micrococcus* hasil uji sitrat positif dan uji oksidatif fermentatif positif. Uji sitrat isolat Amv 111 menandakan hasil reaksi positif karena memiliki kemampuan dalam menggunakan sitrat untuk proses metabolismenya. Oksidatif fermentatif positif mengakibatkan warna media berubah menjadi kuning pada kedua tabung uji, hal ini menandakan isolat Amv 111 dapat hidup dalam kondisi aerob maupun anerob.

Berdasarkan hasil pengamatan bakteri endofit dari akar napas tumbuhan *Avicennia marina* ditemukan bakteri genera *Micrococcus* sebanyak 1 isolat. Menurut penelitian Jose & Christy (2013) berhasil mengisolasi bakteri endofit asal *Rhizophora mucronata* yang diidentifikasi termasuk ke dalam genera, *Bacillus*, *Enterobacter*, *Micrococcus*, *Pseudomonas* dan *Serratia*. Menurut penelitian Silalahi *et al.*, (2020) diperoleh genera bakteri endofit hasil isolasi tanaman jeruk siam, yang diidentifikasi dalam genera *Bacillus*, *Cellulomonas*, *Erwinia*, *Methylobacterium*, *Micrococcus*, dan *Microbacterium*.

Uji biokimia Isolat Amv 122, Amv 312, Amv 421, Amv 511, dan Amv 522 katalase positif, nonmotil dan bersifat oksidatif fermentatif (Tabel 4.1). Menurut Holt *et al.*, (1994) genera *Staphylococcus* katalase positif, nonmotil dan bersifat oksidatif fermentatif. Katalase positif menandakan bakteri genera *Staphylococcus* memproduksi gelembung gas (O<sub>2</sub>) dari hidrolisis hidrogen peroksida (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) yang terlihat di gelas objek. Locke *et al.*, (2013) Enzim katalase digunakan genera *Staphylococcus* sebagai pelindung dari hidrogen peroksida (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) sehingga menghasilkan gelembung gas (O<sub>2</sub>) dan air (H<sub>2</sub>O).

Nonmotil menandakan tidak adanya penyebaran koloni. Oksidatif fermentatif menandakan media pada kedua tabung uji setiap isolat bakteri berubah dari warna hijau menjadi warna kuning sebagai reaksi oksidasi maupun fermentasi bakteri pada glukosa. Kismiyati *et al.*, (2009) Uji oksidatif fermentatif pada salah satu tabung menggunakan parafin, bertujuan menghilangkan udara untuk melihat reaksi bakteri dalam proses metabolisme secara oksidasi maupun fermentasi.

Uji biokimia Isolat Amv 122, Amv 312, Amv 421, Amv 511, dan Amv 522 indol negatif, TSIA positif dan sitrat positif (Tabel 4.1). Menurut Yulvizar (2013) genera *Staphylococcus* uji indol negatif, mampu memfermentasi karbohidrat dan uji sitrat positif. Uji indol negatif menandakan reaksi bakteri yang tidak memiliki kemampuan untuk memproduksi indol sebagai hasil hidrolisis amino tryphosphat.

Uji TSIA menandakan hasil reaksi positif yang mengakibatkan warna media berubah menjadi kuning. Menurut Sudarsono (2008), media TSIA digunakan untuk melihat kemampuan bakteri memproduksi asam maupun gas dari fermentasi glukosa, laktosa dan sukrosa. Uji sitrat menandakan hasil reaksi positif karena bakteri menggunakan sitrat sehingga pH meningkat dan warna media berubah menjadi biru (Lay 1994 & Ulfa *et al.*, 2016).

Uji biokimia Isolat Amv 122, Amv 312, Amv 421, Amv 511, dan Amv 522 ornithin positif dan urease positif (Tabel 4.1). Menurut Rizaldi *et al.*, (2018) media uji ornithin berwarna ungu menandakan reaksi positif. Uji ornithin digunakan untuk melihat bakteri memecah ornithin (asam amino) menjadi amino (Usman, 2015). Suerni *et al.*, (2013) media uji urease berwarna merah muda menandakan reaksi positif. Bakteri menggunakan enzim urease untuk memproduksi amoniak dari hasil pemecahan ikatan karbon dan nitrogen yang mengakibatkan media menjadi basa (Cappuccino & Sherman, 2014).

Berdasarkan hasil pengamatan bakteri endofit dari akar napas tumbuhan *Avicennia marina* ditemukan bakteri genera *Staphylococcus* sebanyak 5 isolat. Ali *et al.*, (2010) genera *Staphylococcus* juga ditemukan di dalam jaringan tumbuhan. Ntabo *et al.*, (2018) hasil isolasi bakteri endofit dari akar *Avicennia marina* diperoleh genera *Bacillus*, *Streptomyces*, dan *Myroides* sedangkan yang diisolasi dari akar *Xylocarpus granatum* yaitu genera *Staphylococcus*.

Berdasarkan hasil uji kemampuan pertumbuhan bakteri terhadap salinitas menandakan bahwa semua isolat bakteri tersebut bersifat halofilik. Isolat Amv 111 (anggota genera *Neisseria*), Amv 211 (anggota genera *Micrococcus*), Amv 122, Amv 312, Amv 421, Amv 511, dan Amv 522 (anggota genera *Staphylococcus*) mampu tumbuh sampai kadar salinitas 30% (Tabel 4.1) ditandai dengan pertumbuhan koloni bakteri pada media, sehingga menyebabkan kekeruhan media dan adanya gumpalan bakteri di dasar tabung. Hal ini diduga berkaitan dengan habitat bakteri endofit di *Mempawah Mangrove Park* (MMP) Desa Pasir, Mempawah, Kalimantan Barat yang memiliki tingkat salinitas 28%-41% (halofilik ekstrem). Menurut Dassarma & Arora (2001) bakteri halofilik adalah bakteri yang berada di habitat kadar garam tinggi. Bakteri yang memiliki kemampuan tumbuh optimal pada media dengan kandungan 20-30% NaCl dikategorikan sebagai bakteri halofilik ekstrem (kadar garam tinggi). Yulma *et al.*, (2019) genera *Neisseria* mampu tumbuh pada kisaran salinitas 27-30%. Pada penelitian Yulma *et al.*, (2018) salinitas 21-30% ditemukan bakteri genera *Micrococcus*. Menurut Singleton & Sainsbury (2006) bakteri genera *Staphylococcus* merupakan bakteri yang halotolerant. Nadira (2018) menyatakan bahwa genera *Staphylococcus* di konsentrasi 20-40% masih mampu tumbuh dengan jumlah koloni yang semakin sedikit.

Berdasarkan hasil uji kemampuan tumbuh terhadap suhu, menandakan semua isolat Amv 111 (anggota genera *Neisseria*), Amv 211 (anggota genera *Micrococcus*), Amv 122, Amv 312, Amv 421, Amv 511, dan Amv 522 (anggota genera *Staphylococcus*) mampu tumbuh pada suhu 28°C-36°C (Tabel 4.1). Hal ini menandakan bahwa isolat bakteri endofit yang diisolasi dari akar napas tumbuhan *Avicennia marina* tergolong dalam kelompok mesofil karena mampu tumbuh pada suhu 28°C-36°C. Hal ini diduga berkaitan dengan suhu di *Mempawah Mangrove Park* (MMP) Desa Pasir, Mempawah, Kalimantan Barat yang memiliki suhu 30°C-31°C. Lay (1994) bakteri digolongkan

menjadi 3 golongan berdasarkan suhu untuk pertumbuhannya, yaitu bakteri psikrofil (0°C- 20°C), mesofil (20°C-50°C), dan termofil (di atas 50°C). Menurut Holt *et al.*, (1994), anggota genera *Neisseria* memiliki suhu optimum untuk pertumbuhan yaitu 35°C-37°C, anggota genera *Micrococcus* memiliki suhu optimum pertumbuhan 25°C-37°C, dan anggota genera *Staphylococcus* memiliki suhu optimum untuk pertumbuhan yaitu 30°C-37°C.

Berdasarkan hasil uji kemampuan tumbuh terhadap pH, isolat Amv 122, Amv 312, Amv 421, Amv 511, Amv 522 (anggota genera *Staphylococcus*), dan Amv 211 (anggota genera *Micrococcus*) tumbuh pada pH 5-pH 8, sedangkan isolat Amv111 (anggota genera *Neisseria*) mampu tumbuh pada pH 6-pH 8. (Tabel 4.1). Isolat bakteri endofit yang diisolasi dari akar napas tumbuhan *Avicennia marina* tergolong dalam kelompok neutrofilik karena mampu tumbuh pada kisaran pH 5-pH 8. Lay (1994) menyatakan bahwa pertumbuhan optimum bakteri pada umumnya berada di kisaran pH 7 namun ada juga bakteri yang mampu tumbuh pada kisaran pH 5-pH 8. Menurut Waluyo (2008) mikroba digolongkan menjadi 3 golongan berdasarkan pH optimal untuk pertumbuhannya, yaitu mikroba asidofilik (pH 1,0-5,5), neutrofilik (pH 5,5-8,0), dan alkalifilik (pH 8,5-11,5). Yulma *et al.*, (2019) pada pH 6,5-7,8 ditemukan bakteri genera *Neisseria*. Liu *et al.*, (2007) genera *Micrococcus* tumbuh pada pH 5-9. Medvedova & Valik (2012) genera *Staphylococcus* tumbuh pada pH 4-9,8 seperti *S. aureus*. genera *Staphylococcus* tumbuh optimum pada pH 6-7.

Pertumbuhan genera bakteri endofit dapat dipengaruhi oleh salinitas, suhu, dan pH, hal ini dapat dilihat dari pertumbuhan koloni bakteri yang menyebabkan kekeruhan pada media. Menurut Hrenovic *et al.*, (2003) faktor salinitas, pH, suhu, vegetasi, nutrisi, dan lokasi dapat mempengaruhi keanekaragaman bakteri pada suatu habitat. Tan & Zou (2001) Umumnya bakteri endofit meningkatkan ketahanan inangnya untuk tumbuh pada berbagai stres lingkungan seperti resistensi terhadap fitopatogen, cekaman salinitas, cekaman pH dan cekaman suhu lingkungan yang ekstrem.

Berdasarkan hasil penelitian bakteri genera *Staphylococcus* paling banyak ditemukan. Hal ini karena genera *Staphylococcus* merupakan bakteri gram positif dan termasuk bakteri halotolerant yang mampu beradaptasi dengan habitat yang spesifik seperti mangrove. Menurut penelitian Soldan *et al.*, (2019) genera bakteri endofit yang diisolasi dari jaringan tumbuhan *Avicennia marina* di dominasi oleh genera *Staphylococcus* dan *Acinetobacter*. Genera *Staphylococcus* memiliki toleransi yang tinggi terhadap cekaman abiotik yang khas dari lingkungan mangrove di pesisir, seperti suhu tinggi, cekaman osmotik dan konsentrasi NaCl yang tinggi.

Beberapa penelitian di mangrove menyatakan bahwa bakteri genera *Staphylococcus* banyak terdapat di jaringan tumbuhan mangrove. Eldeen (2014) mengisolasi bakteri endofit dari 5 tumbuhan mangrove di Malaysia yaitu *Avicennia lanata*, *R. mucronata*, *R. apiculata*, *Sonneratia caseolaris*, dan *Xylocarpus moluccensis* yang

diidentifikasi termasuk bakteri genera *Staphylococcus* dan *Bacillus*. Caranzo *et al.*, (2020) berhasil mengisolasi 3 isolat bakteri endofit dari *Rhizophora mucronata* diidentifikasi sebagai genera *Staphylococcus*. Gina *et al.*, (1992) bakteri endofit dari kawasan *Rhizophora* banyak diidentifikasi dalam genera *Staphylococcus* dan genera *Vibrio*.

## 5. Kesimpulan

Karakteristik morfologis bakteri endofit yang diisolasi dari akar napas (*Pneumatofor*) *A. marina* secara makroskopis memiliki karakteristik koloni bentuk *circular*, elevasi *convex*, tepian *entire*, permukaan halus, berwarna putih dan putih kekuningan, secara mikroskopis 1 isolat gram negatif dan 6 isolat gram positif. Karakteristik fisiologis bakteri endofit semua bakteri isolat nonmotil, 1 isolat katalase negatif dan 6 isolat katalase positif. Semua isolat pada uji salinitas menunjukkan bahwa bakteri bersifat halofilik karena mampu tumbuh sampai kadar salinitas 30%, dan mampu tumbuh pada suhu 28-36°C. Isolat Amv 211, Amv 122, Amv 312, Amv 421, Amv 511, dan Amv 522 mampu tumbuh pada pH 5-8, sedangkan Isolat Amv 111 mampu tumbuh pada pH 6-8. Genera bakteri endofit yang diisolasi dari akar tumbuhan *A. marina* yaitu genera *Neisseria* (Amv 111), *Micrococcus* (Amv 211), dan *Staphylococcus* (Amv 122, Amv 312, Amv 421, Amv 511, dan Amv 522).

## Daftar Pustaka

- Adiarti R. 2013. Aktivitas bakteri endofit batang mangrove *Avicennia marina* sebagai penghasil antibiotik. [Skripsi]. Universitas Padjadjaran, Jatinangor.
- Ali B, Sabri AN, Hasnain S. 2010. Rhizobacterial potential to alter auxin content and growth of *Vigna radiata* (L.). *World Journal Microbiol Biotechnol* 26: 1379-1384.
- Backman PA, Sikora RA. 2008. Endophytes: An emerging tool for biological control. *Biological Control* 46: 1-3.
- Barazandeh N. 2008. Microbiology Titles. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Media. pp. 9-11.
- Cappuccino JG, Sherman N. 2014. Microbiology: A laboratory Manual, 10th Ed, Pearson Education (Singapore). Manufactured in the United States of America
- Caranzo MRD, Labarda ALF, Gonzales SSB. 2020. Polyphasic identification of bacterial endophytes isolated from *Rhizophora mucronata* in Combado, Maasin City. *International Journal of Innovative Science and Research Technology* 5: 746-766.
- Compant S, Clemen C, Sessitsch A. 2010. Plant growth-promoting bacteria in the rhizosphere and endosphere of plants: Their role, colonization, mechanisms involved and prospects for utilization. *Soil Biology and Biochemistry* 42: 669-678.
- Dassarma S, Arora P. 2001. Halophiles: encyclopedia of life sciences. Nature Publishing Group, USA.

- Eldeen IMS. 2014. Isolation of 12 bacterial endophytes from some mangrove plants and determination of antimicrobial properties of the isolates and the plant extracts. *International journal of phytomedicine* 6: 425-432.
- Feliatra. 2001. Isolation and identification of heterotrophic bacteria found in mangrove leaves (*Avicennia* spp. and *Sonneratia* spp.) from marine Dumai station area. *Nature Indonesia* 2: 104-112.
- Gayathri P, Muralikrishnan V. 2013. Isolation of endophytic bacteria from mangrove, bananas and sugarcane for their biological activities. *Asian Journal Res Biol Pharm Science* 1: 19-27.
- Gina H, Antonia MG, Bashan Y. 1992. Two new nitrogen-fixing bacteria from the rhizosphere of mangrove trees: their isolation, identification and in vitro interaction with rhizosphere *Staphylococcus* sp. *FEMS Microbiol Ecol* 101: 207-216.
- Ginting SSB, Suryanto D, Desrita. 2018. Isolasi dan karakterisasi bakteri potensial probiotik pada saluran pencernaan ikan bandeng (*Chanos chanos*). *Aquatic Sciences* 5: 23-29.
- Hardianti N, Sayuti I, Yustina. 2016. Isolasi dan identifikasi bakteri pada sampah organik pasar kota pekanbaru dan potensinya sebagai rancangan lembar kerja siswa (lks) biologi sma. *JOMFKIP* 3.
- Hrenović J, Viličić D, Stilinović B. 2003. Influence of nutrients and salinity on heterotrophic and coliform bacteria in the shallow, karstic Zrmanja estuary (eastern adriatic sea) Ekologi. *Environment* 12: 29-37.
- Holt JG, Krieg NR, Sneath PHA, William ST. 1994. *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*. Lippincott William and Wilkins, New York.
- Islamiah DN, Rahmawati, Linda R. 2017. Jenis-jenis bakteri rizosfer kawasan tanah mangrove *Avicennia* di Kelurahan Terusan, Kecamatan Mempawah Hilir, Kalimantan Barat. *Protobiont* 6: 165-172.
- Janarthine SR, Eganathan P, Balasubramanian T, Vijayalakshmi S. 2011. Endophytic bacteria isolated from the pneumatophores of *Avicennia marina*. *African Journal of Microbiology Research* 5: 4455-4466.
- Jawetz E, Melnick JL, Adelberg EA. 2005. *Mikrobiologi Kedokteran*, diterjemahkan oleh Mudihardi E, Kuntaman, Wasito EB, Mertaniasih NM, Harsono S, Alimsardjono L. Edisi XXII. Salemba Medika, Jakarta. pp. 362-363.
- Jose AC, Christy PH. 2013. Assessment of antimicrobial potential of endophytic bacteria isolated from *Rhizophora mucronata*. *Int J Curr Microbiol App Sci* 2: 88-94.
- Junior CAS, Marcon J, Andrade PAM, Silva JA, Faraldo MIF, Verdi MCQ, Filho AAM, Azevedo JL. 2018. Endophytic bacterial and fungi associated to banana leaves (*Musa* spp.) cultivated under organic management. *Agricultural Science* 10: 460-467.

- Kismiyati S, Subekti, Kusdarwati R. 2009. Isolasi dan identifikasi bakteri gram negatif pada luka ikan maskoki (*Carassius auratus*) akibat infestasi ektoparasit *Argulus* sp. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan* 1: 131.
- Kumar S, Hatha AAM, Christi KS. 2007. Diversity and effectiveness of tropical mangrove soil microflora on the degradation of poly thene carry bags. *Revista de Biologia Tropical* 55: 777-786.
- Lay BW. 1994. Analisa mikroba di laboratorium. PT. Grafindo Persada, Jakarta.
- Liu XY, Wang BJ, Jiang CY, Liu SJ. 2007. *Micrococcus flavus* sp. nov., isolated from activated sludge in a bioreactor. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 57: 66-69.
- Martuti NKT. 2013. Keanekaragaman mangrove di wilayah Tapak, Tugurejo, Semarang. *Jurnal MIPA* 36: 123-130.
- Medved'ová A, Valík, L. 2012. *Staphylococcus aureus*: Characterisation and quantitative growth description in milk and artisanal raw milk cheese production. Diakses pada <http://dx.doi.org/10.5772/48175>. [29 Maret 2021].
- Mulia DS, Maryanto H, Purbomartono C. 2011. Isolasi, karakterisasi, dan identifikasi bakteri pada lele dumbo yang terserang penyakit di kabupaten banyumas. Fakultas keguruan dan ilmu pendidikan, Universitas muhammadiyah, Purwokerto.
- Nadira GA. 2018. Uji daya hambat garam bermerek yang mengandung yodium terhadap pertumbuhan bakteri *staphylococcus aureus*. [Skripsi]. POLTEKES, Medan.
- Ningsih RL, Khotimah S, Lovadi I. 2014. Bakteri pendegradasi selulosa dari serasah daun *Avicennia alba* Blume di Kawasan Hutan Mangrove Peniti Kabupaten Pontianak. *Protobiont* 3: 34-40.
- Nofu K, Khotimah S, Lovadi I. 2014. Isolasi dan karakteristik bakteri pendegradasi selulosa pada ampas tebu kuning (Bagasse). *Protobiont* 3: 25-33.
- Noor YR, Khazali M, Suryadiputra INN. 2006. Panduan Pengenalan Mangrove di Indonesia. PHKA/WI-IP, Bogor.
- Ntabo RM, Nyamache AK, Lwande W, Kabii J, Nonoh J. 2018. Enzymatic activity of endophytic bacterial isolates from selected mangrove plants in kenya. *The Open Microbiology Journal* 12: 355.
- Nursyam H, Prihanto AA. 2018. Identifikasi molekuler bakteri endofit mangrove *Rizhopora mucronata* penghasil gelatinase (MMP2). *Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia* 21: 143-147.
- Oktafiyanto MF, Munif A, Mutaqin KH. 2018. Aktivitas antagonis bakteri endofit asal mangrove terhadap *Ralstonia solanacearum* dan *Meloidogyne* spp. *Fitopatologi Indonesia* 14: 23-29.
- Parija SC. 2012. Microbiology and Immunology Second Edition. Reed Elsevier India Private Limited, New Delhi.



- Pelczar MJ, Chan ECS. 2005. Dasar-dasar Mikrobiologi 1. Penterjemah, Hadioetomo RS, Imas T, Tjitrosomo SS dan Angka SL. Universitas Indonesia Press, Jakarta.
- Rahman SA, Sukenda S, Widanarni W, Alimuddin A, Ekasari J. 2019. Isolation and identification of endophytic bacteria from the mangrove leaves of *Avicennia marina* and evaluation of inhibition to bacterium causing ice-ice disease. *AAFL Bioflux* 12: 941-948.
- Rismawati. 2018. Identifikasi bakteri endofit daun mangrove api-api putih (*Avicennia marina*) dan potensinya menghasilkan senyawa anti mikroba. [Skripsi]. UIN Alauddin, Makassar.
- Rizaldi R, Setyantini WH, Sudarno. 2018. Isolasi dan karakterisasi bakteri proteolitik yang berasosiasi dengan lamun *Enhalus acoroides* di pantai bama, taman nasional baluran Sitobondo Jawa Timur. *Perikanan dan Kelautan* 10: 8-14.
- Silalahi LFBr, Mukarlina, Rahmawati. 2020. Karakterisasi dan identifikasi genus bakteri endofit dari daun dan batang jeruk siam (*Citrus nobilis* var. *microcarpa*) sehat di Desa Anjungan Kalimantan Barat. *Protobiont* 9: 26-29.
- Singleton, Sainsbury. 2006. Dictionary of Mikrobiologi and Molecular Biology 3rd Edition. John Wiley and Sons, England.
- Shiva R, Beasley D. 2005. Pengelolaan koleksi patogen tanaman, Departemen Pertanian, Perikanan dan Perhutanan Pemerintahan Australia (Departemen of Agriculture, Fisheries and Forestry, DAFF), Diterjemahkan oleh Kramadibrata K, N Wulijarni, Machmud M. Queensland Department of Primary Industries and Fisheries, Australia. pp. 57.
- Sturz AV, Nowak J. 2000. Endophytic communities of rhizobacteria and the strategies required to create yield enhancing associations with crops. *Soil Ecology* 15: 183-190.
- Suerni E, Alwi M, Guli MM. 2013. Uji daya hambat ekstrak buah nanas (*Ananas comosus* L.Merr.), salak (*Salacca edulis* Reinw.) dan mangga kweni (*Mangifera odorata* Griff.) terhadap daya hambat *Staphylococcus aureus*. *Biocelebes* 7: 35-47.
- Sutton S. 2011. Determination of inoculum for microbiological testing. *GXP Compliance* 15: 49-53.
- Syahrurachman A, Chatim A, Triyanti MR. 2010. Mikrobiologi Kedokteran. Binarupa Aksara, Jakarta.
- Tan RX, Zou WX. 2001. Endophytes: a rich source of funtional metabolites. *Nat Prod Rep* 18: 448-459.
- Usman WS. 2015. Bakteri asosiasi karang yang terinfeksi penyakit brown band (BRB) di perairan pulau Barranglompo kota Makassar. [Skripsi]. Universitas Hasanuddin, Makasar.
- Videira SS, Silva MCP, Galisa PS, Dias ACF, Nissinen R, Divan VLB, Elsas JDV, Baldani JL, Salles JF. 2013. Culture-independent molecular approaches reveal a mostly

- unknown high diversity of active nitrogen-fixing bacteria associated with *Pennisetum purpureum*-a bioenergy crop. *Plant Soil*
- Waluyo L. 2008. Mikrobiologi lingkungan. UMM Press, Malang.
- Yahya, Nursyam H, Risjani Y, Soemarno. 2014. Karakteristik bakteri di perairan mangrove pesisir kraton pasuruan. *Ilmu Kelautan* 19: 35-42.
- Yulma, Ihsan B, Rafikah A. 2018. Keanekaragaman bakteri pada perairan di kawasan konservasi mangrove dan bekantan (KKMB) kota Tarakan. *Borneo Saintek* 1: 55-62.
- Yulma, Satriani GI, Awaludin, Ihsan B, Pratiwi B. 2019. Bacteria diversity in sediment from mangrove and bekantan conservation area, Tarakan City. *Ilmu Perikanan dan Sumberdaya Perairan* 7: 699-703.
- Yulvizar C. 2013. Isolasi dan identifikasi bakteri probiotik pada *Rastrelliger* sp. *Biospecies* 6: 1-7.