

Isolasi dan Karakterisasi Mikroorganisme Endofit Akar Ginseng Jawa (*Talinum paniculatum* Gaertn.) Yang Diberi Perlakuan Perbedaan Ketersediaan Air

Visi Tinta Manik^{1*}, Intan Nurcahya ¹, Suhardjadinata ¹, Susi Setiaramdani ¹

¹ Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Siliwangi, Tasikmalaya, Indonesia

*Corresponding author: visitintamanik@unsil.ac.id

ABSTRACT

*A medicinal plant known as Java ginseng (*Talinum paniculatum* Gaertn.) may thrive in a variety of water availability situations. The quantity of endophytic bacteria a plant contains affects its capacity to survive in stressful environments. The objective of this study was to identify and separate endophytic bacteria from Javanese ginseng roots that had undergone various water availability treatments. A description method was utilized, in which isolated isolates were given morphological descriptions, assessed for similarity indexes, and then categorized. Endophytic microbe abundance and diversity varied according to this study, but plants treated with water scarcity displayed higher abundance and diversity. While endophytes of plant origin treated with 60% field capacity (FC) had the maximum diversity, root samples treated with 80% (FC) had the highest microbial abundance. Ten species groupings were created from the 42 isolated isolates based on a coefficient value of $\geq 70\%$.*

Keywords: *Javanese ginseng, endophytes, diversity, abundance water availability, stress environment*

ABSTRAK

Ginseng jawa (*Talinum paniculatum* Gaertn.) merupakan tanaman obat yang mampu bertahan dalam kondisi ketersediaan air yang beragam. Kemampuan suatu tanaman untuk bertahan dalam kondisi cekaman banyak dikaitkan dengan kandungan mikroorganisme endofit yang dimilikinya. Tujuan penelitian ini untuk mengisolasi dan mengkarakterisasi mikroba endofit dari akar ginseng jawa yang telah diberi perlakuan ketersediaan air berbeda. Metode yang digunakan adalah metode deskripsi dimana isolate yang terisolasi dikarakterisasi secara morfologi dan dianalisis untuk melihat indeks kesamaan dan dikelompokkan. Penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan kelimpahan jumlah dan keragaman mikroba endofit, dimana tanaman yang diberi perlakuan kekurangan air menunjukkan kelimpahan dan keragaman yang lebih tinggi. Kelimpahan mikroba tertinggi terdapat pada sampel akar dengan perlakuan 80% kapasitas lapang (KL) sedangkan keragaman tertinggi terdapat pada endofit asal tanaman dengan perlakuan 60% KL. Dari 42 isolat yang terisolasi, terbentuk 10 kelompok spesies berdasarkan nilai koefisien $\geq 70\%$.

Kata Kunci: ginseng jawa, endofit, kelimpahan, keragaman, ketersediaan air, stress lingkungan

PENDAHULUAN

Tanaman obat termasuk salah satu spesies yang pertumbuhannya sangat dipengaruhi oleh faktor alam baik biotik maupun abiotik. Salah satu faktor yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman adalah ketersediaan air. *Talinum paniculatum* Gaertn. atau lebih dikenal dengan nama ginseng jawa merupakan salah satu tanaman obat yang memiliki mekanisme ketahanan dibawah tekanan perbedaan ketersediaan air (Nurcahya et al., 2022).

Tumbuhan biasanya merespon tekanan atau cekaman dengan memproduksi senyawa metabolit sekunder. Namun perkembangan baru dalam bidang ekologi mikroba menunjukkan bahwa kemampuan tanaman mengatasi cekaman abiotik erat kaitannya dengan interaksi yang terjalin antara tanaman dan mikroba endofit (Kamran et al., 2022).

Endofit merupakan mikroorganisme yang menghuni organ tumbuhan. Di dalam tumbuhan, endofit berperan untuk detoksifikasi senyawa beracun, pertahanan terhadap pathogen, produksi hormone pemacu pertumbuhan, menghasilkan metabolit sekunder yang penting secara bioteknologi, membantu daur ulang nutrisi, dan bertindak sebagai biotransformer dari bahan kimia yang berbeda (Nath et al., 2020; Rana et al., 2019).

Keragaman, komposisi, dan struktur komunitas mikroba endofit dipengaruhi oleh faktor biotik dan abiotik (Walitang et al., 2018). Faktor lingkungan tidak hanya mempengaruhi distribusi tanaman obat,

tetapi juga menentukan spesies bakteri endofit yang dapat mengkolonisasi tanaman inang sepanjang siklus hidupnya (Deng et al., 2011). Namun, informasi mengenai tanaman dan faktor lingkungan yang membentuk struktur komunitas bakteri endofit masih terbatas

Penelitian kami sebelumnya menunjukkan bahwa ginseng jawa dapat bertahan pada kondisi cekaman air. Bahkan pertumbuhan tanaman tersebut yang paling baik berada pada kondisi ketersediaan air sebanyak 50% kapasitas lapang (Nurcahya et al., 2022). Hal ini menggiring asumsi apakah ketahanan tanaman tersebut terkait dengan mikroba endofit yang dikandungnya atau tidak.

Beberapa penelitian menyebutkan bahwa ketahanan tanaman dapat dipengaruhi oleh endofit pada akar tanamann tersebut yang mampu mempertahankan atau meningkatkan respon ekofisiologis dan/atau hasil panen tanaman tersebut (Coleman-Derr & Tringe, 2014; Molina-Montenegro et al., 2016; Thom et al., 2012).

Oleh karena itu, perlu dilakukan kajian awal berupa isolasi dan karakterisasi mikroorganisme endofit dari akar tanaman ginseng jawa yang berasal dari tanaman dengan perlakuan berbagai kondisi ketersediaan air.

METODE

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan April – September 2022 di Laboratorium

Mikrobiologi Fakultas Pertanian Universitas Siliwangi.

Pengambilan Sampel

Sampel akar ginseng jawa diperoleh dari tanaman usia 7 bulan yang telah diberi perlakuan ketersediaan air sebesar 50% (A), 60% (B), 70% (C), 80% (D), 90% (E), 100% (F), dan 110% (G) dari kapasitas lapang (KL) yang ditanam di Green House Fakultas Pertanian Universitas Siliwangi Kampus Mugarsari. Sampel diambil dari masing-masing perlakuan.

Isolasi Endofit

Isolasi endofit dilakukan dengan metode cawan sebar. Pertama-tama sampel akar dicuci dengan air mengalir, lalu sampel dipotong dan ditimbang sebanyak 1 gr, kemudian dilakukan sterilisasi permukaan. Metode sterilisasi permukaan mengacu pada Ginting et al., (2020). Potongan akar direndam dalam alkohol 70% selama 1 menit, dilanjutkan direndam dalam larutan Natrium Hipoklorit 5,25% selama 2 menit. Potongan akar kemudian dibilas dengan akuades steril sebanyak 3 kali.

Sampel kemudian dihaluskan dengan menggunakan mortar steril dan dilakukan pengenceran dengan menggunakan 9 mL larutan fisiologis steril (0,85% NaCl) hingga pengenceran 10^{-4} . Pada tiap pengenceran, diambil 0,1 ml larutan, kemudian ditumbuhkan di dalam media NA dengan 3 kali (triplo) pengulangan, lalu diinkubasi selama 2-3 hari pada suhu ruang. Jumlah

koloni bakteri dihitung dengan metode cawan hitung/ *Total Plate Count* (TPC). Keragaman endofit dilihat berdasarkan jumlah isolate yang terisolasi dari setiap sampel.

Karakterisasi Mikorba Endofit

Karakterisasi mikroba endofit dilakukan berdasarkan karakter morfologi secara makroskopis dan mikroskopis. Pengamatan makroskopis pada mikroba endofit dilakukan dengan melihat bentuk, permukaan, warna hingga ukuran koloni dari isolate. Pengamatan mikroskopis dilakukan dengan teknik pewarnaan gram.

Analisis Deskriptif

Karakterisasi morfologi secara makroskopis dilakukan dengan berpedoman pada *Bergey's Manual of Determinative Bacteria (2nd Edition)*. Hasil karakterisasi tersebut kemudian dianalisis menggunakan *software* NTSYSpc untuk menghasilkan dendrogram yang bertujuan untuk menghitung koefisien kesamaan kekerabatan antar isolat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Mikroba endofit dapat diisolasi dari akar tanaman ginseng jawa yang telah diberi perlakuan cekaman air berdasarkan kapasitas lapang. Hasil penelitian menunjukkan terdapat perbedaan kelimpahan jumlah koloni mikroba endofit yang terisolasi dari masing-masing sampel. Tabel 1 menunjukkan bahwa mikroba endofit paling sedikit berasal dari tanaman ginseng jawa dengan perlakuan 110% KL (G) yaitu sebanyak $7,55 \times 10^3$ CFU

ml⁻¹. Sementara itu, jumlah kelimpahan terbanyak berasal dari tanaman ginseng jawa dengan perlakuan 80% KL (D) yaitu sebanyak 67×10^5 CFU ml⁻¹.

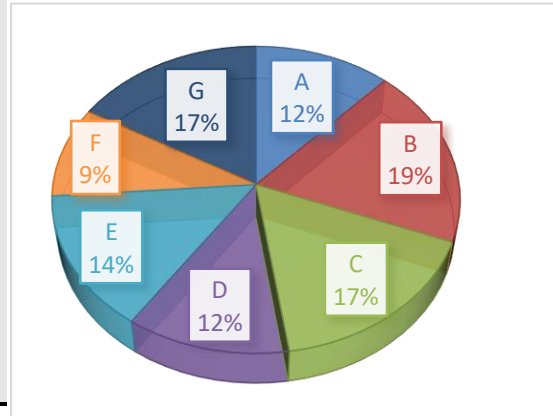
Tabel 1. Kelimpahan Koloni Mikroba Endofit

Asal sampel	Jumlah Koloni (CFU ml ⁻¹)
A (50% KL)	$8,19 \times 10^5$
B (60% KL)	$2,24 \times 10^4$
C (70% KL)	$8,53 \times 10^3$
D (80% KL)	67×10^5
E (90% KL)	$28,85 \times 10^5$
F (100% KL)	$2,78 \times 10^4$
G (110% KL)	$7,55 \times 10^3$

Keragaman mikroba endofit dapat dilihat pada Gambar 1. Terdapat perbedaan jumlah keragaman isolate pada setiap sampel. Sampel B (60% KL) memiliki jumlah keragam mikroba endofit paling tinggi yaitu 19% dari total 42 Isolat. Sedangkan keragaman endofit terendah terdapat pada sampel akar F (100% KL). Koloni endofit yang telah diisolasi dapat dilihat pada Gambar 2.

Kelimpahan bakteri endofit dipengaruhi oleh berbagai faktor eksternal seperti musim, ketinggian, garis lintang dan bujur, juga kondisi tanah (Chiellini et al., 2015; Yang et al., 2018). Kelimpahan koloni endofit cenderung tinggi pada tanaman ginseng jawa dalam keadaan cekaman kekeringan yaitu pada akar yang berasal dari perlakuan kapasitas lapang 50%, 60%, 80%, dan 90%. Begitu pula dengan keragaman, jenis mikroba yang ditemukan

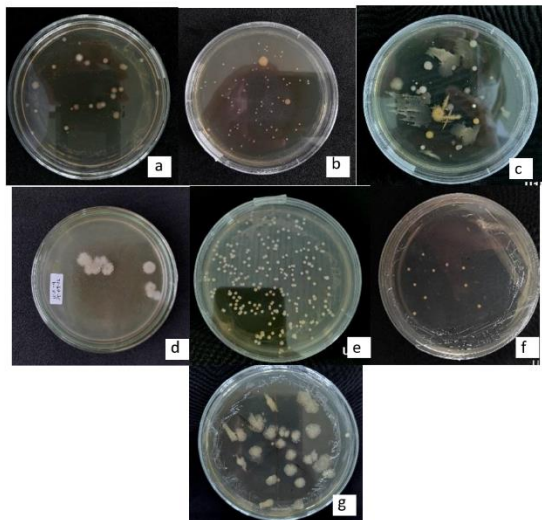
lebih dari 15% dari total isolate adalah pada sampel dari perlakuan 60% dan 70% KL. Namun hasil penelitian menunjukkan mikroba pada perlakuan 110% KL memiliki keragaman yang cukup banyak juga (17%). Penelitian ini menunjukkan bahwa ketersediaan air tanah berpengaruh terhadap kelimpahan dan keragaman mikroba endofit.



Gambar 1. Persentasi keragaman isolate endofit yang terisolasi

Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa ketersediaan air tanah dan curah hujan tahunan berkorelasi erat dengan keragaman bakteri endofit yang kemudian diikuti dengan factor garis lintang dan bujur, serta kandungan nitrogen dan kalium tanah (Xu et al., 2014). Kepadatan populasi dan distribusi bakteri endofit dipengaruhi oleh faktor biotik dan abiotik yang dihadapi tanaman, termasuk interaksi mikroba-mikroba, interaksi tanaman-mikroba, dan tekanan lingkungan (Ryan et al., 2008). Kemampuan mempertahankan perubahan struktur dan keragaman endofit tersebut merupakan bagian dari mekanisme fisiologis untuk memastikan tanaman beradaptasi dengan lingkungannya (Wu et al., 2021). Dalam

kondisi tekanan lingkungan berupa kekurangan air, mikroorganisme endofit mengkoloni rizosfer dan mendorong pertumbuhan dan perkembangan tanaman melalui berbagai mekanisme secara langsung dan tidak langsung. Endofit tanaman dapat menghasilkan hormon yang mendorong pertumbuhan tanaman dan pengembangan (Kamran et al., 2022). *Azospirillum brasilense* meningkatkan toleransi terhadap cekaman kekeringan pada tanaman *Arabidopsis thaliana* dengan meningkatkan produksi ABA (Cohen et al., 2015).

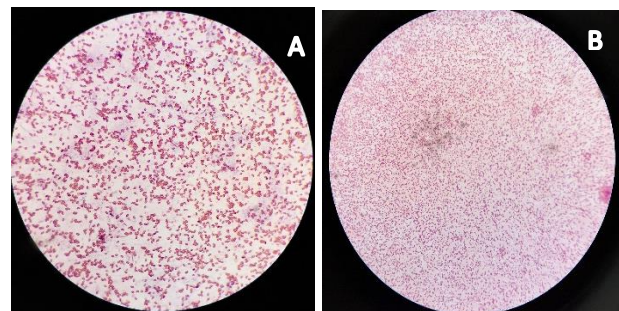


Gambar 2. Bakteri endofit yang diisolasi dari akar ginseng jawa. Keterangan : a. Bakteri endofit asal sampel A, b. Bakteri endofit asal sampel B, c. Bakteri endofit asal sampel C, d. Bakteri endofit asal sampel D, e. Bakteri endofit asal sampel E, f. Bakteri endofit asal sampel F, g. Bakteri endofit asal sampel G.

Bakteri endofit yang telah diisolasi kemudian diamati secara makroskopis. Berdasarkan hasil pengamatan secara makroskopis morfologi koloni bakteri (bentuk, margin, warna, elevasi, permukaan

dan ukuran) dari akar ginseng jawa didapatkan 42 isolat koloni bakteri. Sebagian besar (22 isolat) mempunyai bentuk bulat/tepi yang tidak terputus (circular), 21 isolat memiliki tepi (margin) bulat rata (entire). Berdasarkan tipe elevasi, sebagian besar (16 isolat) berelevasi raised (sedikit meninggi). Sementara itu permukaan koloni sebagian besar (38 isolat) memiliki permukaan mengkilap. Sebanyak 23 isolat berukuran kecil, 9 isolat berukuran sedang, 8 isolat berukuran besar dan 2 isolat berukuran titik (pinpoint). Data selengkapnya mengenai identifikasi makroskopis bakteri endofit dapat dilihat pada tabel 2.

Identifikasi mikroskopis bakteri endofit dilakukan dengan pewarnaan gram (Gambar 3). Pada tabel 2 dapat dilihat bahwa dari 42 isolat bakteri endofit ginseng jawa, 18 isolat merupakan bakteri gram negatif dengan bentuk sel basil sementara 8 isolat yang termasuk bakteri gram negatif dengan bentuk sel kokus. 6 isolat termasuk ke dalam bakteri gram positif dengan bentuk sel kokus dan 10 isolat lainnya merupakan bakteri gram positif yang berbentuk basil.



Gambar 3. Hasil pewarnaan gram isolate bakteri endofit. A = Isolat GJ-C5 ; B = Isolat GJ-E5

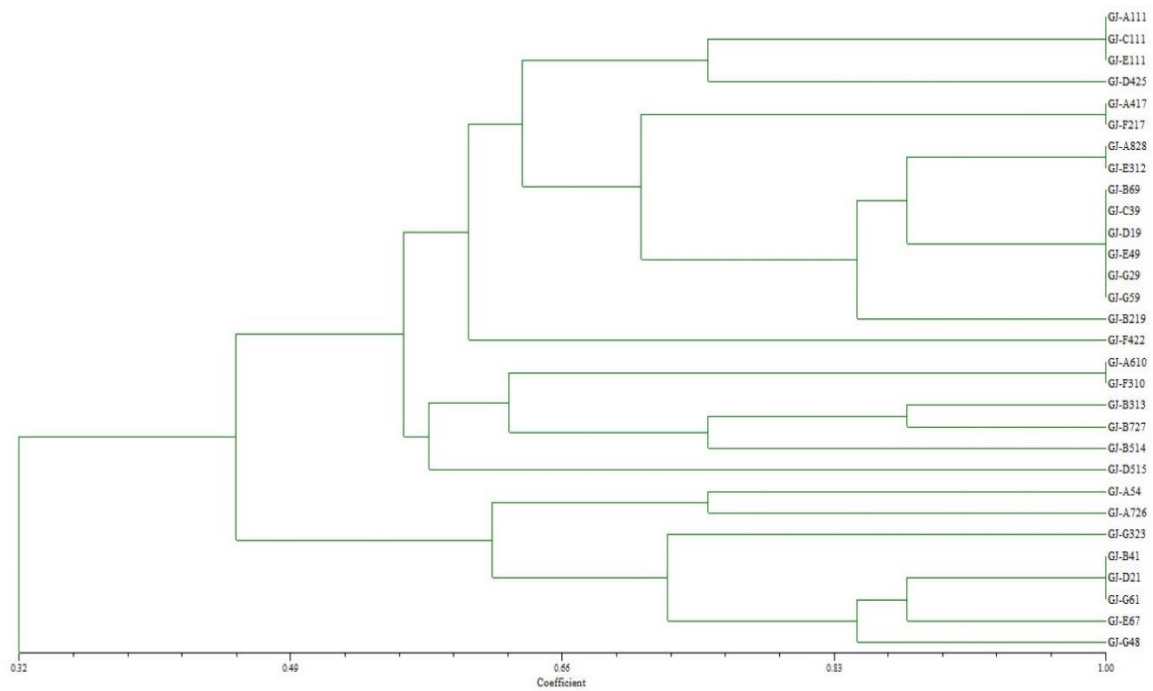
Tabel 2. Karakter morfologi secara makroskopis dan mikroskopis mikroba endofit yang terisolasi

No.	Kode isolat	Bentuk	Elevasi	Margin	Ukuran	Warna	Permukaan	Uji gram	Bentuk sel
1.	GJ-A1 ¹¹	<i>circular</i>	<i>convex</i>	<i>entire</i>	<i>moderate</i>	kekuningan	mengkilap	-	Basil
2.	GJ-A2 ¹⁶	<i>irregular</i>	<i>flat</i>	<i>lobate</i>	<i>large</i>	putih	mengkilap	+	Basil
3.	GJ-A3 ³	<i>irregular</i>	<i>flat</i>	<i>undulate</i>	<i>large</i>	bening kecoklatan	mengkilap	+	Kokus
4.	GJ-A4 ¹⁷	<i>circular</i>	<i>convex</i>	<i>undulate</i>	<i>small</i>	putih	mengkilap	+	Basil
5.	GJ-A5 ⁴	<i>irregular</i>	<i>raised</i>	<i>undulate</i>	<i>small</i>	putih kekuningan	mengkilap	+	Basil
6.	GJ-A6 ¹⁰	<i>Circular</i>	<i>raised</i>	<i>entire</i>	<i>small</i>	bening	mengkilap	+	Basil
7.	GJ-A7 ²⁶	<i>irregular</i>	<i>raised</i>	<i>lobate</i>	<i>moderate</i>	kuning	mengkilap	+	Basil
8.	GJ-A8 ²⁸	<i>circular</i>	<i>convex</i>	<i>entire</i>	<i>small</i>	orange	mengkilap	-	Basil
9.	GJ-B1 ¹⁸	<i>Irregular</i>	<i>flat</i>	<i>lobate</i>	<i>large</i>	bening	mengkilap	+	Kokus
10.	GJ-B2 ¹⁹	<i>circular</i>	<i>umbonate</i>	<i>entire</i>	<i>small</i>	putih	mengkilap	-	Basil
11.	GJ-B3 ¹³	<i>circular</i>	<i>raised</i>	<i>entire</i>	<i>small</i>	orange	mengkilap	+	Kokus
12.	GJ-B4 ¹	<i>irregular</i>	<i>raised</i>	<i>undulate</i>	<i>small</i>	putih	mengkilap	-	Basil
13.	GJ-B5 ¹⁴	<i>circular</i>	<i>umbonate</i>	<i>entire</i>	<i>small</i>	orange	mengkilap	-	Kokus
14.	GJ-B6 ⁹	<i>circular</i>	<i>convex</i>	<i>entire</i>	<i>small</i>	putih	mengkilap	-	Basil
15.	GJ-B7 ²⁷	<i>circular</i>	<i>convex</i>	<i>entire</i>	<i>small</i>	orange	mengkilap	+	kokus
16.	GJ-C1 ¹¹	<i>circular</i>	<i>convex</i>	<i>entire</i>	<i>moderate</i>	kekuningan	mengkilap	-	Basil
17.	GJ-C2 ⁵	<i>irregular</i>	<i>flat</i>	<i>lobate</i>	<i>large</i>	bening	mengkilap	+	Basil
18.	GJ-C3 ⁹	<i>circular</i>	<i>convex</i>	<i>entire</i>	<i>small</i>	putih	mengkilap	-	Basil
19.	GJ-C4 ⁶	<i>irregular</i>	<i>flat</i>	<i>undulate</i>	<i>moderate</i>	putih	kasar	-	Kokus
20.	GJ-C5 ²	<i>irregular</i>	<i>flat</i>	<i>lobate</i>	<i>large</i>	putih	mengkilap	-	Kokus
21.	GJ-D1 ⁹	<i>Circular</i>	<i>convex</i>	<i>entire</i>	<i>small</i>	putih	mengkilap	-	Basil
22.	GJ-D2 ¹	<i>irregular</i>	<i>raised</i>	<i>undulate</i>	<i>small</i>	putih	mengkilap	-	Basil
23.	GJ-D3 ²	<i>irregular</i>	<i>flat</i>	<i>lobate</i>	<i>large</i>	putih	mengkilap	-	Kokus
24.	GJ-D4 ²⁵	<i>Circular</i>	<i>raised</i>	<i>entire</i>	<i>moderate</i>	kekuningan	mengkilap	-	Kokus
25.	GJ-D5 ¹⁵	<i>circular</i>	<i>convex</i>	<i>entire</i>	<i>pinpoint</i>	merah	mengkilap	+	Kokus
26.	GJ-E1 ¹¹	<i>circular</i>	<i>convex</i>	<i>entire</i>	<i>moderate</i>	kekuningan	mengkilap	-	Basil
27.	GJ-E2 ²	<i>irregular</i>	<i>flat</i>	<i>lobate</i>	<i>large</i>	putih	mengkilap	-	Kokus
28.	GJ-E3 ¹²	<i>circular</i>	<i>convex</i>	<i>entire</i>	<i>small</i>	orange muda	mengkilap	-	Basil
29.	GJ-E4 ⁹	<i>circular</i>	<i>convex</i>	<i>entire</i>	<i>small</i>	putih	mengkilap	-	Basil
30.	GJ-E5 ²⁰	<i>irregular</i>	<i>flat</i>	<i>lobate</i>	<i>large</i>	putih	mengkilap	+	Kokus
31.	GJ-E6 ⁷	<i>irregular</i>	<i>raised</i>	<i>undulate</i>	<i>small</i>	orange tua	mengkilap	-	Basil
32.	GJ-F1 ²¹	<i>irregular</i>	<i>flat</i>	<i>lobate</i>	<i>large</i>	bening	mengkilap	-	Basil
33.	GJ-F2 ¹⁷	<i>circular</i>	<i>convex</i>	<i>undulate</i>	<i>small</i>	putih	mengkilap	+	Basil

No.	Kode isolat	Bentuk	Elevasi	Margin	Ukuran	Warna	Permukaan	Uji gram	Bentuk sel
34.	GJ-F3 ¹⁰	<i>circular</i>	<i>raised</i>	<i>entire</i>	<i>small</i>	bening	mengkilap	+	basil
35.	GJ-F4 ²²	<i>circular</i>	<i>flat</i>	<i>entire</i>	<i>moderate</i>	putih	mengkilap	+	Basil
36.	GJ-G1 ⁵	<i>irregular</i>	<i>flat</i>	<i>lobate</i>	<i>large</i>	bening	mengkilap	+	Basil
37.	GJ-G2 ⁹	<i>circular</i>	<i>convex</i>	<i>entire</i>	<i>small</i>	putih	mengkilap	-	Basil
38.	GJ-G3 ²³	<i>irregular</i>	<i>raised</i>	<i>undulate</i>	<i>small</i>	kekuningan	mengkilap	-	Kokus
39.	GJ-G4 ⁸	<i>irregular</i>	<i>raised</i>	<i>entire</i>	<i>small</i>	putih	mengkilap	-	Basil
40.	GJ-G5 ⁹	<i>circular</i>	<i>convex</i>	<i>entire</i>	<i>small</i>	putih	mengkilap	-	Basil
41.	GJ-G6 ¹	<i>irregular</i>	<i>raised</i>	<i>undulate</i>	<i>small</i>	putih	mengkilap	-	Basil
42.	GJ-G7 ²⁴	<i>irregular</i>	<i>convex</i>	<i>undulate</i>	<i>small</i>	putih	kasar	-	Kokus

Pada tabel 2. Koloni mikroba endofit dari akar ginseng jawa memiliki bentuk, tepi (margin), warna, elevasi, permukaan dan ukuran yang beragam. Mikroba menunjukkan perbedaan penampilan mereka secara makroskopis ketika ditumbuhkan pada berbagai media. Perbedaan ini disebut karakteristik budaya (*cultural characteristic*) yang digunakan sebagai dasar untuk memisahkan mikroorganisme menjadi taksonomi kelompok (Cappuccino & Sherman, 2013). Warna, ukuran, bentuk dan tekstur permukaan mikroba ditentukan oleh susunan genetic organisme dan sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan termasuk ketersediaan nutrisi, suhu, dan waktu inkubasi (Leboffe & Pierce, 2016).

Analisis kekerabatan berdasarkan karakter morfologi dapat dilihat pada bentuk dendogram (Gambar 4). Koefisien similaritas digunakan untuk mengukur proporsi karakter yang sesuai. Dalam penelitian ini, skala nilai output indeks similaritas yang digunakan adalah 0,00 - 1,00. Berdasarkan hasil similaritas tersebut. Isolat mikroba dapat dikelompokkan kedalam satu spesies jika memiliki indeks similaritas $\geq 70\%$ (Sulistyanto & Trimulyono, 2019). Nilai koefisien $\geq 70\%$ diasumsikan semakin dapat mewakili matriks similaritas serta dapat menjadi dasar konstruksi bagan kekerabatan. Setiap bagan menunjukkan kesamaan spesies dan bagan diatasnya menunjukkan perbedaan spesies namun masih satu genus.



Gambar 4. Analisis hubungan kekerabatan (dendrogram) Isolat Mikroba endofit akar ginseng jawa

Dendrogram menunjukkan bahwa mikroba endofit dengan kesamaan karakteristik morfologi cenderung mengelompok Bersama. Gambar 4 menampilkan dua kelompok utama dengan koefisien kekerabatan 49%. Kelompok utama tersebut membentuk 3 subkelompok dimana masing-masing subkelompok tersebut membentuk 2 grup. Kesamaan karakteristik ini berdasarkan pada kesamaan bentuk, margin, elevasi, ukuran, warna, permukaan, bentuk sel dan jenis gram.

Berdasarkan konsep taksospecies, strain mikroba dikelompokkan dalam satu spesies jika memiliki indeks kesamaan $\geq 70\%$, maka dari gambar dendrogram tersebut terdapat 10 kelompok spesies. Kelompok 1 terdiri dari isolate GJ-A111, GJ-C111, GJ-E111, dan GJ-D425. Kelompok 2 terdiri dari dua

isolate yaitu GJ-A417 dan GJ-F217. Kelompok 3 terdiri dari isolate GJ-A828, GJ-E312, GJ-B69, GJ-C39, GJ-D19, GJ-E49, GJ-G29, GJ-59, dan GJ-B219. Kelompok 4 terdiri dari satu isolate yaitu GJ-F422. Kelompok 5 terdiri dari GJ-A610 dan GJ-F310. Kelompok 6 terdiri dari GJ-B313, GJ-B727, dan GJ-B514. Kelompok 7 terdiri dari GJ-D515. Kelompok 8 terdiri dari GJ-A54 dan GJ-A726. Kelompok 9 terdiri dari GJ-G323. Kelompok terakhir terdiri dari GJ-B41, GJ-D21, GJ-G61, GJ-E67, dan GJ-G48.

Tingkat kemiripan antar spesies dapat diperkirakan dengan menggunakan kekerabatan yang direpresentasikan sebagai dendrogram. Berbeda dengan koefisien variasi, yang digunakan untuk menentukan seberapa banyak sifat yang dipilih bervariasi antar spesies. Dari hubungan tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa derajat keragaman dan

derajat homogenitas meningkat dengan bertambahnya jarak genetic dari kerabat terdekat, begitu pula sebaliknya (Suratman et al., 2000). Suatu individu yang tergabung dalam satu kelompok bagan/cluster artinya memiliki kekerabatan dan punya jarak genetik yang kecil.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa terdapat 42 isolat mikroba endofit yang berhasil diisolasi yang dikelompokkan kedalam 10 kelompok spesies. Kelimpahan dan keragaman mikroba endofit tertinggi berasal dari isolate yang diisolasi dari akar tanaman ginseng jawa yang diberi perlakuan ketersediaan air rendah atau kondisi cekaman kering. Keragaman endofit tertinggi terdapat pada akar dengan perlakuan 60% KL, sedangkan kelimpahan mikroba endofit terdapat pada sampel akar dengan perlakuan 80% KL.

DAFTAR PUSTAKA

- Cappuccino, J. . G., & Sherman, N. 2013. *icrobiology: A Laboratory Manual* (10th ed.). Pearson.
- Chiellini, C., Maida, I., Emiliani, G., Mengoni, A., Mocali, S., Fabiani, A., Biffi, S., Maggini, V., Gori, L., Vannacci, A., Gallo, E., Firenzuoli, F., & Fani, R. 2015. Endophytic and rhizospheric bacterial communities isolated from the medicinal plants *echinacea purpurea* and *echinacea angustifolia*. *International Microbiology*, 17(3), 165–174. <https://doi.org/10.2436/20.1501.01.219>
- Cohen, A. C., Bottini, R., Pontin, M., Berli, F. J.,

- Moreno, D., Boccanlandro, H., Travaglia, C. N., & Piccoli, P. N. 2015. *Azospirillum brasilense* ameliorates the response of *Arabidopsis thaliana* to drought mainly via enhancement of ABA levels. *Physiologia Plantarum*, 153(1), 79–90. <https://doi.org/10.1111/ppl.12221>
- Coleman-Derr, D., & Tringe, S. G. 2014. Building the crops of tomorrow: Advantages of symbiont-based approaches to improving abiotic stress tolerance. *Frontiers in Microbiology*, 5(JUN), 1–6. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2014.00283>
- Deng, Z. S., Zhao, L. F., Kong, Z. Y., Yang, W. Q., Lindström, K., Wang, E. T., & Wei, G. H. 2011. Diversity of endophytic bacteria within nodules of the *Sphaerophysa salsula* in different regions of Loess Plateau in China. *FEMS Microbiology Ecology*, 76(3), 463–475. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6941.2011.01063.x>
- Ginting, L., Wijanarka, & Kusdiyantini, E. 2020. Isolasi bakteri endofit tanaman pepaya (*carica papaya* L.) dan uji aktivitas enzim amilase. *Berkala Bioteknologi*, 3(2), 1–7.
- Kamran, M., Imran, Q. M., Ahmed, M. B., Falak, N., Khatoon, A., & Yun, B. W. 2022. Endophyte-Mediated Stress Tolerance in Plants: A Sustainable Strategy to Enhance Resilience and Assist Crop Improvement. *Cells*, 11(20), 1–17. <https://doi.org/10.3390/cells11203292>
- Leboffe, M. J., & Pierce, B. E. 2016. *Microbiology: Laboratory Theory and Application* (3rd ed.). Morton Publishing Company.
- Molina-Montenegro, M. A., Oses, R., Torres-Díaz, C., Atala, C., Zurita-Silva, A., & Ruiz-Lara, S. 2016. Root-endophytes improve the ecophysiological performance and production of an agricultural species under drought condition. *AoB PLANTS*, 8, 1–11. <https://doi.org/10.1093/aobpla/plw062>
- Nath, A., Singh, Y. J., Asghar, A., Neelam, R., & Editors, Y. 2020. *Sustainable Development and Biodiversity - Plant Microbiomes for Sustainable Agriculture*. <http://www.springer.com/series/11920>

- Nurchaya, I., Manik, V. T., Matira, N. I., Natawijaya, D., & Sudartini, T. 2022. Pertumbuhan Tanaman Ginseng Jawa (*Talinum paniculatum* Gaertn.) yang Dipengaruhi Volume Penyiraman. *Paspalum*, 10(2), 180–185. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.35138/paspalum.v10i2.445>
- Rana, K. L., Kour, D., Sheikh, I., Yadav, N., Yadav, A. N., Kumar, V., Singh, B. P., Dhaliwal, H. S., & Saxena, A. K. 2019. *Biodiversity of Endophytic Fungi from Diverse Niches and Their Biotechnological Applications*. https://doi.org/10.1007/978-3-030-03589-1_6
- Ryan, R. P., Germaine, K., Franks, A., Ryan, D. J., & Dowling, D. N. 2008. Bacterial endophytes: Recent developments and applications. *FEMS Microbiology Letters*, 278(1), 1–9. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6968.2007.00918.x>
- Sulistiyanto, W. N., & Trimulyono, G. 2019. Karakterisasi Fenotip dan Indeks Similaritas Isolat Actinomycetes yang Memiliki Kemampuan Antibakteri terhadap *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. *Biotropika: Journal of Tropical Biology*, 7(3), 112–120. <https://doi.org/10.21776/ub.biotropika.2019.007.03.4>
- Suratman, S., Priyanto, D., & Setyawan, A. D. 2000. Variance Analysis of Genus *Ipomoea* based on Morphological Characters. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 1(2), 72–79. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d010206>
- Thom, E. R., Popay, A. J., Hume, D. E., & Fletcher, L. R. 2012. Evaluating the performance of endophytes in farm systems to improve farmer outcomes - A review. *Crop and Pasture Science*, 63(10), 927–943. <https://doi.org/10.1071/CP12152>
- Walitang, D. I., Kim, C. G., Kim, K., Kang, Y., Kim, Y. K., & Sa, T. 2018. The influence of host genotype and salt stress on the seed endophytic community of salt-sensitive and salt-tolerant rice cultivars. *BMC Plant Biology*, 18(1), 1–16. <https://doi.org/10.1186/s12870-018-1261-1>
- Wu, W., Chen, W., Liu, S., Wu, J., Zhu, Y., Qin, L., & Zhu, B. 2021. Beneficial Relationships Between Endophytic Bacteria and Medicinal Plants. *Frontiers in Plant Science*, 12(April), 1–13. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.646146>
- Xu, L., Zhang, Y., Wang, L., Chen, W., & Wei, G. 2014. Diversity of endophytic bacteria associated with nodules of two indigenous legumes at different altitudes of the Qilian Mountains in China. *Systematic and Applied Microbiology*, 37(6), 457–465. <https://doi.org/10.1016/j.syapm.2014.05.009>
- Yang, L., Wen, K. S., Ruan, X., Zhao, Y. X., Wei, F., & Wang, Q. 2018. Response of plant secondary metabolites to environmental factors. *Molecules*, 23(4), 1–26. <https://doi.org/10.3390/molecules23040762>