



## Isolasi, Karakterisasi, dan Uji Aktivitas Antibakteri dari Bakteri Endofit Daun Kelor (*Moringa oleifera*)

Nadya Audina Nurkhafiya Sadikin <sup>✉ 1)</sup>, Siti Harnina Bintari<sup>2)</sup>, Talitha Widiatningrum<sup>3)</sup>, Pramesti Dewi<sup>3)</sup>

Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang, Indonesia

### Info Artikel

Diterima: 1 September 2021  
Disetujui: 30 September 2021

Dipublikasikan: 30 November 2021

#### Keywords:

Antibacterial; endophytic bacteria; *Moringa oleifera* antibakteri; bakteri endofit; kelor

### Abstract

*Endophytic bacteria are beneficial microorganisms that interact with host plants without causing any interference or damage to plants. Moringa oleifera is a medicinal plant that contains secondary metabolites and has antibacterial properties. The aim of this research is to isolate and characterize endophytic bacteria from Moringa oleifera leaves, and to test the antibacterial activity against pathogenic bacteria (Escherichia coli and Bacillus subtilis). The results of the isolation of Moringa leaf endophytic bacteria (Moringa oleifera) obtained amounted to one isolate. Based on the results of the catalase test, gram staining and spore observation, moringa oleifera leaf endophytic bacteria included in the genus Bacillus. The antibacterial test begins with the production of secondary metabolites of Moringa oleifera leaf endophytic bacteria, measures the rate of bacterial growth and tests the antibacterial activity using the Kirby Bauer method with paper disks. Observational data were analyzed statistically using ANOVA and further tests with Duncan (sig <0.05). Antibacterial activity test results showed that the incubation time of endophytic bacteria affected the growth of Escherichia coli and Bacillus subtilis bacteria. The incubation time of 10 hours showed the highest inhibition zone diameter of Escherichia coli and Bacillus subtilis bacteria respectively of 7.5 mm and 1.8 mm. The formation of inhibitory zones indicates the presence of secondary metabolite compounds from Moringa leaf endophytic bacteria which have an antibacterial effect.*

### Abstrak

Bakteri endofit merupakan mikroorganisme menguntungkan yang berinteraksi dengan tanaman inang tanpa menyebabkan gangguan atau kerusakan pada tanaman. Kelor (*Moringa oleifera*) merupakan tanaman obat yang mengandung metabolit sekunder dan berkhasiat sebagai antibakteri. Tujuan penelitian ini adalah mengisolasi dan mengkarakterisasi bakteri endofit dari daun kelor, serta menguji aktivitas antibakteri terhadap bakteri patogen (*Escherichia coli* dan *Bacillus subtilis*). Hasil isolasi bakteri endofit daun kelor (*Moringa oleifera*) yang diperoleh berjumlah satu isolat. Berdasarkan hasil uji katalase, pewarnaan gram dan pengamatan spora, bakteri endofit daun kelor termasuk ke dalam genus *Bacillus*. Uji antibakteri dimulai dengan produksi metabolit sekunder bakteri endofit daun kelor, pengukuran laju pertumbuhan bakteri dan uji aktivitas antibakteri menggunakan metode Kirby bauer dengan *paper disk*. Data hasil pengamatan dianalisis statistik menggunakan ANOVA dan uji lanjut dengan Duncan (sig < 0.05). Hasil uji aktivitas antibakteri menunjukkan bahwa waktu inkubasi bakteri endofit berpengaruh terhadap pertumbuhan bakteri *Escherichia coli* dan *Bacillus subtilis*. Waktu inkubasi selama 10 jam menunjukkan diameter zona hambat tertinggi terhadap bakteri *Escherichia coli* dan *Bacillus subtilis* berturut-turut sebesar 7.5 mm dan 1.8 mm. Terbentuknya zona hambat mengindikasikan adanya senyawa metabolit sekunder dari bakteri endofit daun kelor yang memiliki efek antibakteri.

© 2021 Universitas Negeri Semarang

p-ISSN 2252-6277

e-ISSN 2528-5009

✉ Alamat korespondensi:

Gedung D6 Lt.1 Jl Raya Sekaran Gunugpati, Semarang

E-mail: [audinadvasadikin@gmail.com](mailto:audinadvasadikin@gmail.com)

## PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara berkembang dengan iklim tropis dan memiliki keanekaragaman tumbuhan yang cukup besar sehingga memiliki sumber bahan baku obat tradisional. Salah satu tanaman obat tradisional yang sering dimanfaatkan masyarakat adalah kelor (*Moringa oleifera*). Kelor digunakan dalam pengobatan tradisional untuk berbagai penyakit seperti penyakit radang, infeksi, gangguan kardiovaskular, gastrointestinal, hematologi dan hati (Ozcan, 2018). Hasil beberapa penelitian membuktikan bahwa ekstrak daun kelor memiliki aktivitas antimikroba (Moyo *et al.*, 2012; Kalpana *et al.*, 2013; Delelegn *et al.*, 2018). Putra *et al.* (2016) membuktikan bahwa daun kelor memiliki kandungan metabolit sekunder alkaloid, flavonoid, saponin, fenolat, triterpenoid, tanin.

Umumnya, pengambilan senyawa bioaktif dari suatu tanaman obat dapat dilakukan dengan mengekstrak bagian dari tanaman tersebut. Pengambilan senyawa bioaktif dengan ekstraksi dinilai kurang efektif, karena membutuhkan banyak biomassa dan memerlukan waktu yang lama. Cara efisien untuk memperoleh senyawa bioaktif tersebut adalah dengan memanfaatkan bakteri endofit yang mampu menghasilkan sejumlah senyawa bioaktif yang dibutuhkan. Penggunaan bakteri endofit dinilai lebih efisien karena membutuhkan waktu yang lebih singkat apabila dibandingkan dengan ekstraksi. Beberapa studi menunjukkan bahwa bakteri endofit tertentu dapat memproduksi senyawa kimia yang memiliki efek bagi kesehatan, terutama bakteri endofit yang diisolasi dari tanaman obat.

Bakteri endofit merupakan mikroorganisme menguntungkan yang berinteraksi dengan tanaman inang tanpa menyebabkan gangguan atau kerusakan pada tanaman tersebut (Purwanto *et al.*, 2014). Bakteri endofit dapat memproduksi senyawa yang berfungsi untuk melindungi jaringan tumbuhan dari serangan mikroorganisme yang bersifat patogen, sedangkan jaringan tumbuhan akan menyediakan kebutuhan nutrisi bagi mikroba endofit agar tetap hidup (Kharwar *et al.*, 2008). Senyawa metabolit dapat disintesis dengan cara membiakan endofit dalam media optimal (Monggoot *et al.*, 2017). Bakteri endofit di dalam medium inkubasi akan menghasilkan senyawa sejenis yang terkandung pada tanaman inang dengan bantuan aktivitas enzim. Bakteri endofit yang diisolasi dari daun kelor kemungkinan besar mampu menghasilkan salah satu senyawa aktif yang bersifat antibakteri.

Antibakteri adalah senyawa yang digunakan untuk mengendalikan pertumbuhan bakteri yang bersifat merugikan. Pengendalian pertumbuhan mikroorganisme patogen bertujuan untuk mencegah

penyebaran penyakit dan infeksi. Di bidang farmasi, bahan antibakteri dikenal dengan nama antibiotik, yaitu suatu substansi kimia yang dihasilkan oleh mikroba dan dapat menghambat pertumbuhan mikroba lain. Tujuan pengukuran aktivitas antibakteri adalah untuk mengetahui dan menentukan potensi suatu zat yang diduga memiliki aktivitas sebagai antibakteri terhadap suatu bakteri. Penelitian ini bertujuan untuk mengisolasi dan mengkarakterisasi bakteri endofit daun kelor (*Moringa oleifera*), serta mengetahui pengaruh perbedaan lama inkubasi bakteri endofit daun kelor terhadap aktivitas antibakteri terhadap bakteri *Escherichia coli* dan *Bacillus subtilis*.

## **METODE**

Pengambilan sampel daun kelor (*Moringa oleifera*) diperoleh dari satu tanaman utuh yang terdapat di halaman rumah di jalan Gumuk Sari, kelurahan Patemon, kecamatan Gunungpati, Kota Semarang, Jawa Tengah. Penelitian ini dilakukan pada bulan Juni – Agustus 2019 di Laboratorium Biologi FMIPA UNNES. Variabel bebas meliputi waktu inkubasi isolat bakteri endofit daun kelor. Variabel terikat berupa diameter zona hambat terhadap bakteri uji. Variabel kendali meliputi suhu inkubasi 30-37° C dan kecepatan inkubator bergoyang 120rpm. Rancangan penelitian yang digunakan adalah rancangan acak kelompok satu faktorial dengan 5 ulangan. Penelitian ini menggunakan alat gelas dan bahan yang disterilisasi dengan autoklaf pada suhu 121°C selama 20 menit untuk alat dan 15 menit untuk bahan.

### **Isolasi Bakteri Endofit Daun Kelor**

Sterilisasi daun kelor dilakukan dengan mencuci daun kelor menggunakan air mengalir, kemudian direndam dengan Natrium Hipoklorit 1.05% dan alkohol 70%. Sampel kemudian dibilas menggunakan aquades steril. Tahap selanjutnya sampel diiris menggunakan scalpel steril. Potongan sampel kemudian ditanam dalam media nutrient agar yang telah ditambahkan nistatin (0.01% b/v). Sampel kemudian diinkubasi pada suhu ruang selama 48 jam (Simarmata, 2007). Pemurnian bakteri endofit dilakukan dengan memindahkan koloni yang tumbuh ke cawan petri yang berisi nutrient agar dengan metode *streak plate* (Desriani *et al.*, 2013).

### **Identifikasi Bakteri Endofit Daun Kelor**

Identifikasi bakteri endofit daun kelor dilakukan dengan pengamatan karakteristik morfologi koloni dan sel bakteri endofit. Karakteristik morfologi koloni diamati berdasarkan bentuk, tepian, elevasi, ukuran, kilap, dan tekstur koloni bakteri endofit. Karakteristik morfologi sel bakteri endofit diamati dengan pengecatan Gram dan pengecatan spora menggunakan mikroskop pada perbesaran 1000x. Sifat fisiologis sel bakteri endofit dilakukan dengan uji katalase menggunakan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 3%.

### **Pembuatan Kurva Tumbuh dan Ekstraksi Senyawa Antibakteri**

Bakteri endofit daun kelor diinokulasi ke dalam medium nutrient broth. Kultur kemudian dirotasi dengan inkubator bergoyang pada suhu 30°C dengan kecepatan 120 rpm selama 24 jam (Kumala *et al.*, 2006). Kultur diambil 1 ml untuk perhitungan OD (*optical density*) yang dilakukan setiap 2 jam sekali selama 24 jam menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 600nm. Waktu inkubasi bakteri endofit daun kelor untuk menghasilkan metabolit sekunder ditentukan berdasarkan kurva pertumbuhan pada fase stasioner.

Isolat bakteri endofit diinokulasi ke dalam medium nutrient broth, kemudian dirotasi dengan inkubator bergoyang pada suhu 30° C dengan kecepatan 120 rpm selama waktu yang ditentukan sebagai fase stasioner. Ekstraksi senyawa antibakteri dilakukan dengan sentrifus pada kecepatan 10.000 rpm selama 10 menit. Supernatan digunakan untuk pengujian antibakteri (Irma *et al.*, 2018).

### **Uji Aktivitas Antibakteri**

Bakteri uji (*Escherichia coli* dan *Bacillus subtilis*) yang berumur 24 jam kemudian diambil 1 ose lalu dicampurkan ke dalam larutan NaCL fisiologis 0.9% 10 ml hingga konsentrasinya mencapai setara McFarland 1,0 ( $3,0 \times 10^8$  CFU/mL). Tahap selanjutnya, 1 ml bakteri uji dituang ke dalam cawan petri dan ditambahkan media NA dengan metode *pour plate*. Uji antibakteri dilakukan dengan metode difusi menggunakan *paper disc*. *Paper disc* steril diletakkan pada cawan petri dan direndam supernatan bakteri endofit selama 2 jam. Tahap selanjutnya, *paper disc* dimasukkan ke dalam cawan petri yang berisi medium yang sudah ditanam bakteri uji, kemudian diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam. Pengamatan dan pengukuran zona bening dilakukan setelah inkubasi.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil isolasi bakteri endofit daun kelor (*Moringa oleifera*) dapat diamati pada Gambar 1. Setelah dilakukan pemurnian koloni didapatkan 1 isolat murni bakteri endofit daun kelor.



**Gambar 1.** Isolat bakteri endofit daun kelor (*Moringa oleifera*)

Bacon dan Hinton (2006) menyatakan bahwa jumlah bakteri endofit di dalam tumbuhan tidak dapat ditentukan secara pasti, namun bakteri ini dapat dideteksi dengan mengisolasi pada medium agar. Bakteri endofit dapat ditumbuhkan dalam medium NA dikarenakan medium NA adalah medium umum yang mana hampir semua bakteri bisa tumbuh. Kandungan nutrisinya yang kompleks menyebabkan bakteri endofit dapat tumbuh pada medium NA. Bakteri endofit dapat tumbuh pada medium dengan masa inkubasi 2 hari. Hal ini didukung oleh penelitian Zinniel *et al.* (2002); Simarmata (2007); Arunachalan dan Gayathri (2010) yang menyatakan bahwa waktu pemilihan inkubasi selama minimal 2 hari bertujuan untuk memastikan bakteri yang tumbuh merupakan bakteri endofit, bukan bakteri kontaminan.

Hasil pengamatan makroskopis isolat murni bakteri endofit daun kelor menunjukkan ciri morfologi koloni yang mirip dengan koloni *Bacillus* sp (Tabel 1). Menurut penelitian Hatmanti (2000); Ghosh *et al.* (2002); Zheng *et al.* (2008); Puspita *et al.* (2017) menunjukkan karakteristik morfologi koloni *Bacillus* sp yaitu berbentuk bulat, berwarna putih kekuningan, tepian rata, bertekstur kasar, dan elevasi datar atau cembung. Hasil pengamatan makroskopis karakter morfologi koloni bakteri endofit daun kelor (*Moringa oleifera*) tersaji dalam Tabel 1.

**Tabel 1.** Morfologi koloni isolat bakteri endofit daun kelor

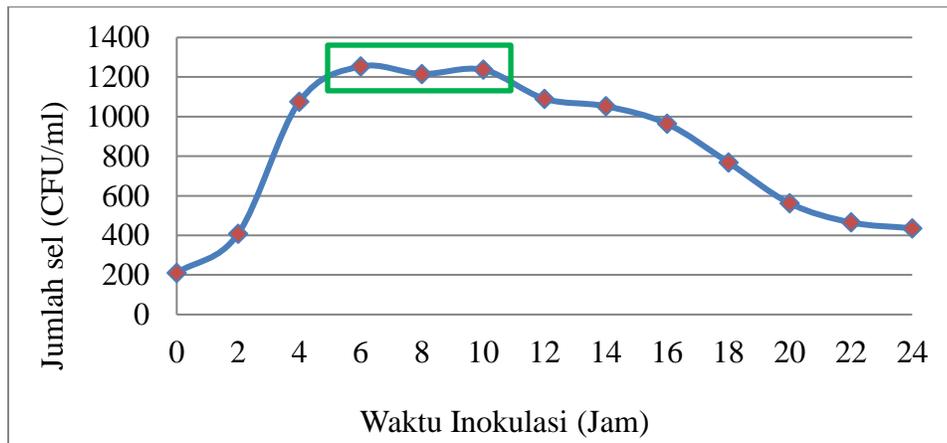
<b>Morfologi Koloni</b>	<b>Hasil Pengamatan</b>
Warna	Putih kekuningan
Bentuk	Bulat
Tepian	Rata
Elevasi	Datar
Ukuran	Sedang
Mengkilat/suram	Suram
Tekstur	Kasar

Hasil karakterisasi morfologi dan fisiologi sel (Tabel 2) isolat bakteri endofit daun kelor mempunyai kesamaan dengan genus *Bacillus*. Hal ini diperkuat dengan hasil penelitian Somu dan White (2017) yang menunjukkan adanya bakteri endofit pada daun kelor dengan jenis *Bacillus pumilus*.

**Tabel 2.** Karakter morfologi dan fisiologi sel bakteri endofit daun kelor

Karakter Sel Bakteri Endofit	Hasil Pengamatan
Bentuk sel	Basil
Sifat gram	Positif (+)
Ada/tidaknya endospora	Ada
Uji katalase	Positif (+)

Kurva pertumbuhan bakteri endofit daun kelor disajikan dalam Grafik 1. Penentuan fase stasioner digunakan untuk menentukan waktu panen metabolit sekunder bakteri endofit daun kelor.



**Grafik 1.** Kurva pertumbuhan bakteri endofit daun kelor (*Moringa oleifera*) pada medium NB (*Nutrient Broth*) dengan rentang waktu 2 jam.

Kurva pertumbuhan bakteri endofit daun kelor terdiri dari fase lag, fase eksponensial, fase stasioner, dan fase decline. Fase lag bakteri endofit daun kelor terjadi pada jam ke-0 sampai jam ke-2. Pada fase lag bakteri melakukan proses adaptasi terhadap kondisi lingkungannya seperti: pH, suhu, nutrisi (Khoiriyah, 2014). Fase eksponensial bakteri endofit daun kelor terjadi pada jam ke-2 sampai jam ke-4. Pada fase ini ditandai dengan adanya pertumbuhan bakteri yang sangat cepat. Fase stasioner bakteri endofit daun kelor terjadi pada jam ke-6 sampai jam ke-10. Fase ini ditandai dengan adanya pertumbuhan sel yang tetap atau sebagai titik mulai turunnya pertumbuhan bakteri (Faizah, 2017).

Menurut Himeoka dan Kaneko (2017) menjelaskan bahwa pada fase stasioner bakteri memproduksi metabolit sekunder sebagai bentuk pertahanan diri terhadap kondisi stress. Pelczar dan Chan (2008) juga menjelaskan bahwa fase stasioner ditandai dengan habisnya nutrisi yang dibutuhkan oleh bakteri dalam pertumbuhannya. Hal ini ditandai dengan diproduksinya senyawa atau racun yang menyebabkan beberapa sel bakteri mati, sedangkan yang lain tumbuh dan membelah sehingga jumlah sel yang hidup menjadi tetap. Fase penurunan populasi bakteri endofit daun kelor terjadi pada jam ke-12 sampai jam ke-24. Fase

kematian ditandai dengan garis menurun pada kurva pertumbuhan yang menggambarkan makin banyaknya sel bakteri yang mati. Berdasarkan hasil penelitian Khoiriyah (2014); Iqlima *et al.* (2017); Septiani *et al.* (2017) menunjukkan bahwa adanya aktivitas antibakteri dari senyawa metabolit sekunder yang diproduksi mikroba pada fase stasioner.

Seo *et al.* (2010) menjelaskan bahwa senyawa aktif yang dihasilkan bakteri endofit bersifat ekstraseluler sehingga diperlukan pemisahan antara sel bakteri dan supernatan. Pemisahan dapat dilakukan dengan sentrifugasi. Supernatan isolat bakteri endofit daun kelor pada masing-masing waktu inkubasi diujikan terhadap bakteri Gram positif (*Bacillus subtilis*) dan Gram negatif (*Escherichia coli*). Uji antibakteri dilakukan dengan metode difusi menggunakan *paper disk*. Aktivitas antibakteri dari metabolit sekunder bakteri endofit daun kelor terhadap bakteri patogen *Escherichia coli* dan *Bacillus subtilis* dapat dilihat berdasarkan ada atau tidaknya zona hambat yang terbentuk. Rata-rata hasil pengukuran diameter zona hambat tersaji pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Rata-rata hasil pengukuran diameter zona hambat metabolit sekunder bakteri endofit daun kelor terhadap bakteri *Escherichia coli* dan *Bacillus subtilis* (mm)

Bakteri Patogen	Rata-rata Diameter Zona Hambat Bakteri Endofit Daun Kelor pada Fase Stasioner (mm)				
	Aquades (-)	Jam ke-6	Jam ke-8	Jam ke-10	Ciprofloxacin (+)
<i>Escherichia coli</i>	0	4.6	6.9	7.5	26.8
<i>Bacillus subtilis</i>	0	1	1.6	1.8	14.2

Berdasarkan hasil pengujian menunjukkan metabolit sekunder bakteri endofit daun kelor memiliki aktivitas antibakteri tertinggi pada akhir fase stasioner yaitu pada inkubasi jam ke-10 (Tabel 3). Menurut Iqlima *et al.* (2017) menyatakan bahwa senyawa metabolit sekunder dihasilkan oleh mikroorganisme pada akhir fase stasioner pertumbuhannya. Kontrol positif yang digunakan adalah ciprofloxacin. Ciprofloxacin adalah jenis antibiotik berspektrum luas yang dapat menghambat atau bahkan membunuh bakteri Gram positif dan Gram negatif (Kawas *et al.*, 2018). Hasil pengujian kontrol negatif menggunakan aquades steril tidak menunjukkan aktivitas antibakteri terhadap bakteri patogen. Zona hambat yang terbentuk pada bakteri uji *Escherichia coli* lebih besar dibandingkan dengan *Bacillus subtilis*. Hasil identifikasi bakteri endofit daun kelor termasuk ke dalam genus *Bacillus*. Zona hambat dari metabolit sekunder bakteri endofit yang terbentuk pada bakteri uji *Bacillus subtilis* lebih rendah karena keduanya berasal dari genus yang sama.

Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian-penelitian sebelumnya tentang bakteri endofit yang menghasilkan senyawa antibakteri. Tanaman *Vinca rosea* memiliki bakteri endofit yang memiliki morfologi

dan sifat biokimia yang sama dengan *Bacillus coagulans* dan dapat menghambat pertumbuhan bakteri Gram positif dan Gram negatif (Roy dan Banerjee, 2010). Bakteri endofit akar tanaman *Moringa oleifera* memiliki hubungan genetik terdekat dengan *Bacillus cereus* yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri patogen (Ilmi *et al.*, 2018). Mekanisme senyawa antibakteri secara umum dilakukan dengan cara merusak dinding sel, mengubah permeabilitas membran, mengganggu sintesis protein, dan menghambat kerja enzim (Pelczar dan Chan, 2008).

Hasil pengukuran diameter zona hambat terhadap pertumbuhan bakteri *Escherichia coli* dan *Bacillus subtilis* dianalisis statistik menggunakan SPSS for windows versi 23. Hasil analisis One Way ANOVA menunjukkan nilai F hitung lebih besar dari F tabel. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara waktu inkubasi bakteri endofit daun kelor terhadap pertumbuhan bakteri *Bacillus subtilis* dan *Escherichia coli*. Dengan demikian maka dilakukan uji lanjut Post Hoc dengan menggunakan uji Duncan.

Uji Duncan dilakukan untuk mengetahui perbedaan signifikan pada waktu inkubasi bakteri endofit terhadap diameter zona hambat yang terbentuk. Hasil uji Duncan tersaji pada Tabel 4 dan Tabel 5.

**Tabel 4.** Hasil Uji Duncan Diameter Zona Hambat pada bakteri *Escherichia coli*

VARIABEL	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
K-	5	.000			
EX	5		4.600 <sup>a</sup>		
EY	5			6.900 <sup>b</sup>	
EZ	5			7.500 <sup>b</sup>	
K+	5				26.800
Sig.		1.000	1.000	.516	1.000

Keterangan: <sup>a</sup> = berbeda nyata pada kolom yang berbeda  
<sup>b</sup> = tidak berbeda nyata pada kolom yang sama  
 K- = kontrol negatif  
 K+ = kontrol positif  
 EX = inkubasi isolat bakteri endofit selama 6 jam  
 EY = inkubasi isolat bakteri endofit selama 8 jam  
 EZ = inkubasi isolat bakteri endofit selama 10 jam

**Tabel 5.** Hasil Uji Duncan Diameter Zona Hambat pada bakteri *Bacillus subtilis*

VARIABEL	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
K-	5	.000		
BX	5		1.000 <sup>b</sup>	
BY	5		1.600 <sup>b</sup>	
BZ	5		1.800 <sup>b</sup>	
K+	5			14.500
Sig.		1.000	.105	1.000

Keterangan: <sup>a</sup> = berbeda nyata pada kolom yang berbeda  
<sup>b</sup> = tidak berbeda nyata pada kolom yang sama  
K- = kontrol negatif  
K+ = kontrol positif  
BX = inkubasi isolat bakteri endofit selama 6 jam  
BY = inkubasi isolat bakteri endofit selama 8 jam  
BZ = inkubasi isolat bakteri endofit selama 10 jam

Hasil uji Duncan diameter zona hambat pada bakteri *Escherichia coli* (Tabel 4) pada perlakuan inkubasi selama 8 jam dan 10 jam tidak terdapat perbedaan yang signifikan. Sedangkan pada inkubasi selama 6 jam terdapat perbedaan yang signifikan. Zona hambat yang terbentuk dari ketiga waktu inkubasi memiliki perbedaan yang signifikan terhadap kontrol positif. Diameter zona hambat terbesar selain pada kontrol positif terdapat pada waktu inkubasi bakteri endofit selama 10 jam. Hal ini menunjukkan inkubasi isolat bakteri endofit selama 10 jam lebih baik dibandingkan waktu inkubasi lainnya. Hasil uji Duncan diameter zona hambat pada bakteri *Bacillus subtilis* (Tabel 5) menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan pada lama waktu inkubasi bakteri endofit.

## SIMPULAN

Isolasi bakteri endofit daun kelor (*Moringa oleifera*) menunjukkan adanya satu jenis isolat yang tumbuh dengan karakteristik morfologi koloni berbentuk bulat, berwarna putih kekuningan, tepian rata, bertekstur kasar, dan elevasi datar atau cembung. Hasil identifikasi bakteri endofit daun kelor menunjukkan kekerabatan dengan genus *Bacillus*. Berdasarkan hasil penelitian, diameter zona hambat terbesar terdapat pada perlakuan inkubasi isolate bakteri endofit daun kelor selama 10 jam dengan zona hambat yang terbentuk pada *Escherichia coli* sebesar 7.5mm dan terhadap *Bacillus subtilis* 1.8mm.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arunachalam, C., & Gayathri, P. (2010). Studies on Bioprospecting of Endophytic Bacteria from the Medicinal Plant of *Andrographis paniculata* for Their Antimicrobial Activity and Antibiotic Susceptibility Pattern. *Int J Curr Pharm Res*, 2(4).
- Bacon, C.W., & Hinton, D. M. (2006). Bacterial Endophytes: The Endophytic Niche, its Occupants, and its Utility. *Plant-Associated Bacteria*, 155-194.
- Delelegn, A., Sahile, S., & Husen, A. (2018). Water Purification and Antibacterial Efficacy of *Moringa oleifera* Lam. *Agriculture and Food Security*, 7(1), 1-10.
- Desriani, Dwi, E.K., Akhmad, R., Neneng, H., Wiwit, A., Lita, T., & Ade. (2013). Potential Endophytic Bacteria for Increasing Paddy Var Rojolele Productivity. *International Journal On Advanced Sciene Engineering Information Technology*, 3(1), 76-78.
- Faizah, L.N., Anto, B., & Endang, K. (2017). Optimasi Pertumbuhan dan Potensi Antagonistik *Bacillus Pumilus* terhadap Patogen *Xanthomonas Campestris* serta Identifikasi Molekuler Gen Penyandi Pks dan Nrps. *Jurnal Biologi*, 6(1), 38-48.

- Ghosh, K., Ray, A.K., & Sen, S.K. (2002). Characterization of Bacilli Isolated from the Gut of Rohu, Labeo Rohita, Fingerlings and Its Significance in Digestion. *Journal of Applied Aquaculture*, 12(3), 33-42.
- Hatmanti, A. (2000). Pengenalan *Bacillus* spp. *Oseana*, 25 (1).
- Himeoka, Y., & Kaneko, K. (2017). Theory for Transitions Between Exponential and Stationary Phases: Universal Laws For Lag Time. *Physical Review X*, 7, 1-16.
- Ilmi, N., Soelistya, D., Jekti, D., & Zulkifli, L. (2018). Molecular Identification of Endophytic Bacteria from The Stem ' s Bark of Moringa Plant and Their Antibacterial Activities . *IOSR Journal of Biotechnology and Biochemistry*, 4(4), 21-30.
- Iqlima, D., Ardiningsih, P., & Wibowo, M.A. (2017). Aktivitas Antibakteri Isolat Bakteri Endofit B2d dari Batang Tanaman Yakon (*Smallanthus Sonchifolius* (Poepp. & Endl.) H. Rob.) terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Salmonella thypimurium*. *JKK*, 7(1), 36-43.
- Irma, A., Anja, M., & Bedah, R. (2018). Biofungicide Producing Bacteria: an In Vitro Inhibitor of *Ganoderma boninense*. *Hayati Journal of Bioscienc*, 25(4), 151-159.
- Kalpana, S., S. Moorthi, & S. Kumari. (2013). Antimicrobial Activity of Different Extracts of Leaf of *Moringa oleifera* (Lam) Against Gram Positive and Gram Negative Bacteria. *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci*, 2(12), 514-518.
- Kawas, G., Marouf, M., Mansour, O., & Sakur, A.A. (2018). Analytical Methods of Ciprofloxacin and Its Combinations Review. *Research Journal of Pharmacy and Technology*, 11(5), 2139-2148.
- Kharwar, R.N., Verm, V.C., Strobel, G., & Ezra, D. (2008). The Endophytic Fungal Complex of *Catharanthus roseus* (L.) G. Don. *Current Science*, 95(2).
- Khoiriyah, H., & Ardiningsih, P. (2014). Penentuan Waktu Inkubasi Optimum terhadap Aktivitas Bakteriosin *Lactobacillus* sp. RED<sub>4</sub>. *JKK*, 3(4), 52-56.
- Kumala, S., Fransisca, S., & Priyo, W. (2006). Aktivitas Antimikroba Metabolit Bioaktif Mikroba Endofitik *Cassia fistula* L. *Jurnal Farmasi Indonesia*, 3(2), 97-102
- Monggoot, S., Pichaitam, T., Tanapichatsakul, C., & Pripdeevech, P. (2018). Antibacterial Potential of Secondary Metabolites Produced by *Aspergillus* sp., an Endophyte of *Mitrephora wangii*. *Archives of Microbiology*.
- Moyo, B., Masika, P.J., & Muchenje, V. (2012). Antimicrobial Activities of *Moringa oleifera* Lam leaf extracts. *African Journal of Biotechnology*, 11(11), 2797-2802.
- Ozcan, M.M. (2018). *Moringa spp*: Composition and Bioactive Properties. *South African Journal of Botany*.
- Pelczar, M. J, & Chan, E.S.C. (2008). *Dasar- dasar Mikrobiologi*. Jakarta: UI Press.
- Purwanto, Ukhradiya M.S., Pasaribu, F.H., & Bintang, M. (2014). Isolasi Bakteri Endofit dari Tanaman Sirih Hijau (*Piper betle* L.) dan Potensinya sebagai Penghasil Senyawa Antibakteri. *Curr. Biochem*, 1(1), 51-57.
- Puspita, F., Ali, M., & Pratama, R. (2017). Isolasi dan Karakterisasi Morfologi dan Fisiologi Bakteri *Bacillus* sp. Endofitik dari Tanaman Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) *J. Agrotek. Trop*, 6(2), 44-49.
- Putra, W.D.P., Anak, A.G.O.D., & Luh, M.S. (2016). Identifikasi Senyawa Kimia Ekstrak Etanol Daun Kelor (*Moringa oleifera* L) di Bali. *Indonesia Medicus Veterinus*, 5(5), 464-473.
- Roy, S. & Banerjee, D. (2010). Isolation of Antimicrobial Compound by Endophytic Bacteria from *Vinca rosea*. *International Journal of Current Research*, 5, 047-051.
- Seo, W.T., Lim, W.J., Kim, E.J., Yun, H.D., Lee, Y.H., & Cho, K.M. (2010). Endophytic Bacterial Diversity in The Young Radish and Their Antimicrobial Activity Against Pathogens. *Journal Korean Soc. Applied. Biological Chemistry*, 53(4), 493-503.
- Sepriana, C., Dwi, S.D.J., & Lalu, Z. (2017). Bakteri Endofit Kulit Batang Tanaman Cengkeh (*Syzygium Aromaticum* L.) dan Kemampuannya sebagai Antibakteri. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA (JPPIPA)*, 3(2), 33-41.
- Simarmata, R., Lekatompessy, S., & Sukiman, H. (2007). Isolasi Mikroba Endofitik dari Tanaman Obat Sambung Nyawa (*Gynura procumbens*) dan Analisis Potensinya sebagai Antimikroba. *Journal of Biological Researches*, 13(1), 85-90.

- Somu, M.P & White, J.F. (2017). Endophytes of *Moringa oleifera*: Evaluation of Growth Promotional Features. *MS Student Research Paper*.
- Zheng, Y., Ye, Z.L., Fang, X.L., Li, Y.H., & Cai, W.M. (2008). Production and Characteristics of a Bioflocculant Produced by *Bacillus Sp.* F19. *Bioresource Technology*, 99(16), 7686-7691.
- Zinniel, D.K., Lincoln, N., Lambrecht, P.A., Harris, N.B., Lambrecht, P., Feng, Z., Kuczmariski, D., Higley, P., Ishimaru, C.A., Arunakumari, A., Barletta, R.G., & Vidaver, A.K. (2002). Papers in Veterinary and Biomedical Science Isolation and Characterization of Endophytic Colonizing Bacteria from Agronomic Crops and Prairie Plants Isolation and Characterization of Endophytic Colonizing Bacteria from Agronomic Crops and Prairie Plants. *Appl. Environ. Microbiol*, 68(5), 2198-2208.