



Uji Kompatibilitas Bakteri Endofit Asal Tanaman *Eucalyptus pellita* dan Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA)

Compatibility Test Endophytic Bacteria Of Plant Origin *Eucalyptus pellita* and Arbuscular Mycorrhiza Fungi (AMF)

Yuliana Susanti

Faculty of Agriculture, Study Program of Agrotechnology, Universitas Pasir Pengaraian, Riau,
Indonesia

Email: yulianasusanti.upp@gmail.com

How to Cite :

Yuliana Susanti (2022). Uji Kompatibilitas Bakteri Endofit Asal Tanaman *Eucalyptus pellita* dan Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA). *Sinta Journal*, 3 (2), 111-120. DOI: <https://doi.org/10.37638/sinta.3.2.111-120>

ARTICLE HISTORY

Received [08 September 2022]

Revised [19 September 2022]

Accepted [16 October 2022]

Publish [31 December 2022]

KEYWORDS

Endophytic bacteria, AMF,
Compatibility

This is an open access article
under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license



ABSTRAK

Penyakit layu bakteri (PLB) yang disebabkan oleh *Ralstonia solanacearum* telah menjadi masalah besar dalam silvikultur eukaliptus pada hutan tanaman industri (HTI). Penyakit ini membatasi produktivitas tanaman eukaliptus. Upaya-upaya pengendalian telah dilakukan, salah satunya adalah penggunaan bakteri endofit. Aplikasi bakteri endofit secara tunggal menunjukkan hasil yang belum memuaskan. Kombinasi bakteri endofit dan fungi mikoriza arbuskular (FMA) merupakan alternatif pengendalian penyakit layu bakteri pada tanaman eukaliptus yang belum dilaporkan. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh kombinasi bakteri endofit dan FMA yang kompatibel pada tanaman *Eucalyptus pellita*. Metode penelitian meliputi penyiapan bakteri endofit, penyediaan dan perbanyakan FMA, serta penyediaan bibit *E. pellita*. Hasil penelitian diperoleh kombinasi bakteri endofit dan FMA yang kompatibel. Interaksi kedua mikroba dapat meningkatkan pertumbuhan bibit tanaman *E. pellita*.

ABSTRACT

Bacterial wilt disease (BWD) caused by *Ralstonia solanacearum* has become a major problem in eucalyptus silviculture in industrial plantation forests. This disease limits the productivity of eucalyptus plants. Control efforts have been made, one of which is the use

of endophytic bacteria. The application of endophytic bacteria alone showed unsatisfactory results. The combination of endophytic bacteria and arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) is an alternative to controlling bacterial wilt in eucalyptus which has not been reported. This study aims to obtain a combination of endophytic bacteria and AMF that are compatible with Eucalyptus pellita. Research methods included preparation of endophytic bacteria, provision and propagation of AMF, and provision of E. pellita seeds. The results of the study obtained a compatible combination of endophytic bacteria and AMF. The interaction of the two microbes can increase the growth of E. pellita plant seeds.

PENDAHULUAN

Penyakit layu bakteri (PLB) atau disebut juga *bacteria wilt disease* (BWD) yang disebabkan oleh *Ralstonia solanacearum* merupakan salah satu bakteri patogen penting tanaman di dunia. Dengan sebaran geografis dan keragaman inang yang luas. *R. solanacearum* menginfeksi lebih dari 200 spesies tanaman dan 50 family tanaman, termasuk *Eucalyptus* spp (Ferreira *et al.* 2017). Dampak penyakit ini menyebabkan kerugian yang besar pada silvikultur eukaliptus baik di pembibitan dan di lapangan, di Riau pada tahun 2010 hingga 2011 ditaksir kerugian mencapai 16 milyar rupiah (Siregar *et al.* 2012). Untuk itu dibutuhkan upaya-upaya untuk pengendalian terhadap penyakit tersebut. Salah satu upaya yang dilakukan adalah pengendalian secara hayati menggunakan bakteri endofit dan fungi mikoriza arbuskular (FMA).

Banyak bakteri diketahui mampu memicu pertumbuhan tanaman melalui interaksi langsung maupun tidak langsung dengan akar tanaman dan ini telah diklasifikasikan sebagai bakteri *plant growth promoting rhizobacteria* (PGPR). Selain itu, sebagian besar akar tanaman dikolonisasi oleh cendawan mikoriza dan keberadaannya juga dapat memicu pertumbuhan tanaman. Namun, sifat menguntungkan dari bakteri dan cendawan yang mengkolonisasi akar telah dipelajari secara terpisah. Baru-baru ini efek sinergis bakteri dan cendawan mikoriza telah diteliti sehubungan dengan dampak manfaat gabungannya pada tanaman (Giovannini *et al.* 2020, Surendirakumar *et al.* 2019, Nanjundappa *et al.* 2019, Perez *et al.* 2017).

Bakteri endofit mengkolonisasi tanaman secara internal tanpa efek yang merugikan pada tanaman inangnya. Bakteri endofit menarik untuk dikembangkan karena potensinya dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman, efek antagonis pada patogen, pengurangan stres abiotik dan fitoremediasi. Bakteri endofit umumnya diketahui masuk ke inang dari rhizosfer melalui luka di akar atau melalui rambut akar. Bakteri endofit melintasi korteks akar dan mencapai berbagai organ tumbuhan melalui sistem vaskular, sementara beberapa bakteri endofit menggunakan jalur apoplas. Bakteri endofit sebelumnya dianggap sebagai kolonisasi utama di ruang antar seluler atau apoplas pada akar yang hadir dalam jumlah yang relatif lebih sedikit. Studi molekuler telah menunjukkan bahwa keragaman spesies endofit bakteri yang sangat besar meskipun sebagian besar hadir dalam bentuk yang tidak dapat dikulturkan. Kolonisasi intraseluler bakteri endofit juga telah dilaporkan pada beberapa sistem tumbuhan (Upreti dan Thomos 2015). Mayoritas bakteri endofit menunjukkan efek menguntungkan seperti peningkatan fiksasi N₂, produksi fitohormon, pelarut fosfat dan

penghambatan biosintesis etilen (C₂H₂) sebagai respons terhadap tekanan biotik dan abiotik serta sebagai agens biokontrol (Singh *et al.* 2017).

Fungi mikoriza arbuskular (FMA) membentuk asosiasi simbiosis yang menguntungkan dengan sebagian besar tanaman dan memainkan peran penting dalam pertumbuhan tanaman dalam berbagai kondisi dengan memodifikasi sistem perakaran dan meningkatkan mobilisasi serta penyerapan beberapa elemen penting. Akar tanaman lebih dari 80% dikolonisasi oleh FMA (Smith dan Read 2008). Selain itu FMA telah terbukti mempengaruhi pada komposisi komunitas bakteri. Asosiasi mikoriza dengan tanaman terbukti mengubah komposisi kimiawi eksudat akar dan ini sering menjadi sumber nutrisi untuk bakteri terkait dengan mikoriza. Beberapa bakteri telah terbukti secara langsung mempengaruhi perkecambahan FMA dan laju pertumbuhan tanaman (Artursson *et al.* 2006).

Sampai saat ini, masih sangat sedikit informasi tentang mekanisme pengendalian interaksi bakteri dengan FMA, terutama untuk patogen pada tanaman eukaliptus. Berdasarkan permasalahan ini, kedua mikroba berpotensi untuk diaplikasikan dalam suatu habitat yang sama. Aplikasi campuran kedua mikroba secara sinergis dapat meningkatkan populasinya dan mampu menekan perkembangan penyakit, khususnya penyakit layu bakteri pada tanaman *E. pellita*.

METODE PENELITIAN

Bahan

Penelitian dilaksanakan di laboratorium dan nursery eukaliptus *Research and Development* PT. Arara Abadi Perawang-Riau. Waktu percobaan yaitu dari November 2019- Mei 2020. Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah media *natrium agar* (NA), *Nutrient broth* (NB), Media *zeolit*, media *cocopeat* steril, aquades, H₂O₂, alkohol 95%, kloroks 0.5%, KOH 1% , HCl 5%, benih sorgum dan bibit *E. pellita*, sedangkan alat yang digunakan adalah pot tray, cawan petri, erlemeyer, glass objek, pinset, penggaris, saringan bertingkat, spektrofotometer dan shaker.

Metode

Penyediaan Isolat Fungi Mikoriza

Cendawan mikoriza yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari koleksi R&D PT. Arara Abadi dan Litbang Kehutanan. Adapun FMA yang diuji adalah *Glomus mosseae*, *Glomus clarum*, *Glomus intraradices*.

Perbanyakan Inokulum FMA

Perbanyakan inokulum FMA mengikuti metode Brundrett *et al.* (1994). Tanaman inang yang digunakan *Sorghum bicolor*. Benih sorgum disemaikan pada baki yang berisi media pasir steril. Persemaian dilakukan 3-4 hari sebelum diperbanyak. Bibit tanaman yang dipilih adalah yang mempunyai panjang $\pm$ 5 cm dengan pertumbuhan akar muda bagus. Media pembawa (*carrier*) yang digunakan adalah zeolit steril. Zeolit steril dimasukkan ke dalam sepertiga bagian pot dan kemudian ditambahkan dengan propagul mikoriza yang hendak diperbanyak sepertiga bagian pot dan ditutup kembali dengan zeolit steril. Identitas dan keterangan yang jelas ditempelkan pada pot tray berupa jenis fungi mikoriza dan tanggal perbanyakan inokulum.

Tanaman dipelihara di rumah kaca selama 3 bulan. Tanaman disiram setiap hari dan diberi hara dengan kadar fosfor (P) rendah (Pokon dengan komposisi N:P:K = 11%:6%:26%) seminggu sekali. Setelah 3 bulan dilakukan perhitungan spora pada

tanaman inang *S. bicolor* untuk mendapatkan jumlah inokulum spora yang akan digunakan untuk pengujian selanjutnya.

Persiapan Bakteri Endofit

Isolat bakteri endofit asal tanaman eukaliptus diremajakan pada medium *natrium agar* (NA). Bakteri endofit diinkubasi selama 48 jam. Satu cawan petri bakteri endofit dengan goresan sinambung dimasukkan ke dalam 1000 ml NB. Selanjutnya media NB dishaker selama 12 jam. Kerapatan populasi bakteri endofit di media NB diukur menggunakan *spektrofotometer*. Kepekatan suspensi bakteri endofit diencerkan dengan aquades steril mencapai $A_{600} = 0.6 \times 10^8$ mL/ CFU. Selanjutnya bakteri endofit siap digunakan untuk inokulasi ke tanaman *E. pellita*.

Persiapan Bibit *Eucalyptus pellita*

Stek pucuk (*mini cutting*) diambil dari tanaman induk (*mother plants*) *E. pellita* yang berasal dari perbanyakan kultur jaringan. Stek pucuk diambil dari tunas yang keluar dari cabang-cabang tanaman pohon induk. Tunas dipotong menggunakan gunting dan diletakkan kedalam ember yang berisi air. Stek pucuk sterilisasi permukaan dengan kloroks 0.5% selama 1 menit kemudian dibilas dengan aquades steril sebanyak 3 kali. Stek pucuk siap untuk diberi perlakuan agens hayati (bakteri endofit dan FMA) dan selanjutnya di tanam pada media *cocopeat* steril.

Desain Percobaan

Bakteri endofit yang terpilih dalam penelitian ini adalah *Bacillus cereus* (B1), B070 *Stenotrophomonas maltophilia* (B2), *Serratia nematodiphila* (B3) *Serratia marcescens* (B4), *Paenibacillus polymyxa* (B5), *Brevundimonas olei* (B6), *Bacillus megaterium* (B7), *Serratia marcescens* (B8), *Paenibacillus polymyxa* (B9) dan *Bacillus velezensis* (10). Isolat FMA yang digunakan adalah *Glomus mosseae* (F1), *Glomus clarum* (F2), *Glomus intraradices* (F3). Percobaan menggunakan faktorial rancangan acak kelompok (FRAK). Faktor 1 adalah perlakuan isolat FMA yang terdiri dari 4 taraf dan faktor kedua adalah isolat bakteri endofit yang terdiri dari 11 taraf. Banyaknya perlakuan yang dicobakan ada sebanyak $4 \times 11 = 44$ kombinasi perlakuan. Setiap kombinasi bakteri endofit dan FMA diinokulasikan pada pot tray bibit *E. pellita* dan diulang sebanyak 3 kali. Banyaknya pot tray percobaan adalah $44 \times 3 = 132$ unit percobaan. Setiap ulangan terdiri dari 4 unit tanaman sehingga total keseluruhan 528 tanaman. Percobaan dilakukan secara *in planta* di *green house*. Aplikasi masing-masing perlakuan pada stek pucuk *E. pellita* terdiri atas : Bakteri endofit ($A_{600} = 0.6 \times 10^8$ mL/ CFU) dan inokulan FMA sebanyak 2 g/zeolit. Bakteri endofit diaplikasikan dengan cara merendam stek pucuk *E. pellita* yang telah berumur 1 bulan pada suspensi bakteri endofit selama 1 jam. FMA diberikan ke bibit *E. pellita* setelah diinokulasi bakteri endofit yang telah dipelihara selama 1 bulan.

Pemeliharaan Bibit Tanaman *Eucalyptus pellita*

Pemeliharaan bibit *E. pellita* di *green house* meliputi : penyiraman, pemupukan, dan pengendalian hama. Pupuk yang digunakan adalah simplot (unsur hara makro dan mikro) yang diberikan kedalam media tanam *cocopeat* pada awal tanam. Penyiraman dilakukan dengan air pada pagi dan sore hari tergantung kondisi media. Jika media dalam kondisi basah atau lembab maka cukup disiram sekali saja (pagi atau sore). Setelah tanaman dipelihara selama 3 bulan dilakukan pemanenan. Tanaman dipotong dan bagian akar tanaman diambil serta dibersihkan untuk dianalisis.

Peubah Pengamatan Kepadatan Spora FMA

Penghitungan kepadatan spora dilakukan dengan menggunakan mikroskop binokuler masing-masing dengan 3 kali ulangan. Spora yang dihitung berasal dari media tanam sebanyak 10 g yang telah melalui proses *sieving* dan sentrifugasi. Teknik yang digunakan dalam mengisolasi spora fungi mikoriza pada media tanam *cocopeat* adalah teknik penyaringan basah dan dilanjutkan dengan teknik sentrifugasi dari Brundrett *et al.* (1996).

Pengukuran Tingkat Asosiasi FMA

Pengukuran tingkat asosiasi FMA dilakukan dengan pewarnaan akar. Akar *E. pellita* mengikuti metode Brundrett 1994. Pengamatan dilakukan dibawah mikroskop. Persentase tingkat asosiasi FMA dihitung dengan rumus berikut :

$$\text{Tingkat asosiasi FMA} = \frac{\text{Jumlah segmen akar yang terinfeksi FMA} \times 100\%}{\text{Total segmen akar yang teramati}}$$

Pengukuran Pertumbuhan Bibit *E. pellita*

Pengukuran pertumbuhan bibit tanaman *E. pellita* dilakukan diawal perlakuan. Adapun pengamatan terhadap parameter pertumbuhan bibit *E. pellita* adalah tinggi tanaman (cm) dan diameter batang (mm). Pengukuran dilakukan setiap 4 minggu sekali sampai bibit tanaman siap pindah tanam ke lapangan.

Analisis Data

Data yang diperoleh dari perlakuan bakteri endofit, FMA dan kombinasi keduanya terhadap peubah pengamatan yang dimati dilakukan analisis sidik ragam terhadap data menggunakan *MS. Office Excel* 2016 dan program software SAS (*Statistical Analysis Software*). Selanjutnya setiap perlakuan yang berpengaruh nyata dilakukan uji lanjut dengan Tukey pada $\alpha=5\%$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) Terhadap Kolonisasi, Jumlah Spora dan Pertumbuhan Bibit Eukaliptus

Hasil uji lanjut statistik dengan Tukey bahwa perlakuan F1 (*Glomus mosseae*) terhadap peubah pengamatan menunjukkan perlakuan terbaik bila dibandingkan dengan perlakuan F2 (*Glomus clarum*) dan F3 (*Glomus intraradices*). Namun perlakuan F0 (Tanpa FMA) menunjukkan hasil pengamatan yang lebih rendah dibandingkan dengan pemberian FMA pada bibit tanaman eukaliptus (Tabel 1).

Tabel 1. Hasil perlakuan FMA terhadap persentase kolonisasi, jumlah spora dan pertumbuhan bibit tanaman *E. pellita*

Perlakuan	Fungi Mikoriza Arbuskular			
	Kolonisasi (%)	Σ spora (unit)	Tinggi tanaman (cm)	Diameter batang (mm)
F0	0	0	37.95 ab	3.35 a
F1	0.15 ab	6.40 b	39.40 b	3.41 a
F2	0.11 a	5.41 a	39.25 b	3.41 a
F3	0.11 a	5.67 ab	37.06 a	3.41 a

^a Angka dengan huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji Tukey pada taraf nyata 5%. *Glomus mosseae* (F1); *Glomus clarum* (F2); dan *Glomus intraradices* (F3).

Hasil yang disajikan dalam penelitian ini menunjukkan bahwa inokulasi FMA secara tunggal berpengaruh nyata dibandingkan dengan kontrol (tanpa FMA). Perlakuan *G. Mosseae*, *G. Clarum* dan *G. Intraradices* dapat meningkatkan pertumbuhan bibit tanaman *E. pellita*. FMA merupakan mikroorganisme tanah bermanfaat yang bersimbiosis secara mutualistik dengan akar tanaman dan memainkan peran penting dalam pemeliharaan kesuburan dan kesehatan tanah jangka panjang. FMA dapat meningkatkan pertumbuhan dan kesehatan tanaman dengan meningkatkan serapan nutrisi dan air serta meningkatkan ketahanan tanaman dari tekanan abiotik dan biotik. (Verbruggen *et al.* 2012).

Pengaruh Bakteri Endofit Terhadap Pertumbuhan Bibit Eukaliptus

Perlakuan bakteri endofit (B1-B10) menunjukkan pengaruh yang nyata terhadap peubah pengamatan tinggi tanaman dan diameter batang bila dibandingkan dengan kontrol (tanpa bakteri endofit). Perlakuan B8 (*Serratia marcescens* B062) dan B5 (*Paenibacillus polymyxa* B32/77) terhadap peubah pengamatan menunjukkan perlakuan terbaik (Tabel 2)

Tabel 2. Perlakuan bakteri endofit terhadap pertumbuhan bibit *E. pellita*

Perlakuan	Bakteri Endofit	
	Tinggi tanaman (cm)	Diameter batang (mm)
B0	32.74 a	2.79 a
B1	39.87 de	3.45 bcde
B2	38.26 bcd	3.49 cde
B3	36.72 bc	3.28 b
B4	36.41 b	3.31 ab
B5	40.44 de	3.58 e
B6	39.90 de	3.57 e
B7	39.52 de	3.52 de
B8	41.29 e	3.44 bcde
B9	38.11 bcd	3.39 bcd
B10	39.31 cde	3.51 de

^a Angka dengan huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji Tukey pada taraf nyata 5%. *Bacillus cereus* B079 (B1); *Stenotrophomonas maltophilia* B070 (B2); *Serratia nematodiphila* B33/77 (B3); *Serratia marcescens* B068 (B4); *Paenibacillus polymyxa* B32/77 (B5); *Brevundimonas olei* B13/497 (B6); *B. megaterium* B17/111 (B7); *Serratia marcescens* B062 (B8); *Paenibacillus polymyxa* B119 (B9); dan *Bacillus velezensis* B060 (B10)

Inokulasi bakteri endofit secara tunggal (10 isolat) menunjukkan pengaruh secara signifikan terhadap pertumbuhan tanaman bila dibandingkan dengan kontrol (tanpa bakteri endofit). Bakteri endofit dapat memperbaiki kinerja tanaman dibawah kondisi normal maupun tertekan termasuk pembatasan nutrisi, perubahan iklim dan infeksi oleh patogen. Bakteri endofit dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman dengan memproduksi sejumlah bahan kimia alami, seperti fitohormon (auksin, sitokinin, giberalin) yang memicu pertumbuhan tanaman secara langsung (Weyens *et al.* 2009). Bakteri endofit juga melindungi tanaman dari patogen dengan berkompetisi untuk mendapatkan nutrisi, menginduksi ketahanan tanaman, dan memproduksi metabolit antimikroba (Jin *et al.* 2014).

Pengaruh Kombinasi Bakteri Endofit dan FMA Terhadap Kolonisasi, Jumlah Spora dan Pertumbuhan Bibit Eukaliptus

Hasil perlakuan bakteri endofit dan FMA terhadap peubah pengamatan menunjukkan hasil yang bervariasi. Interaksi bakteri endofit dan FMA terbaik dari masing-masing peubah pengamatan terdapat pada perlakuan kombinasi B1F1, B4F2, B8F2 dan B5F1 (Tabel 3).

Tabel 3. Perlakuan kombinasi bakteri endofit dan FMA terhadap persentase kolonisasi, jumlah spora dan pertumbuhan bibit tanaman *E. pellita*

Perlakuan	Kombinasi Bakteri Endofit dan FMA			
	Kolonisasi (%)	Σ spora (unit)	Tinggi tanaman (cm)	Diameter batang (mm)
B0F0	0	0	30.74 a	2.85 a
B0F1	0.11 a	4.99 a	34.03 a	2.76 a
B0F2	0.19 a	2.87 a	34.66 a	2.88 a
B0F3	0.27 a	4.16 a	31.53 a	2.68 a
B1F0	0	0	40.89 a	3.45 a
B1F1	0.38 b	6.52 a	41.02 a	3.50 a
B1F2	0.04 a	4.54 a	40.79 a	3.53 a
B1F3	0.02 a	5.40 a	36.78 a	3.33 a
B2F0	0	0	38.08 a	3.36 a
B2F1	0.11 a	6.00 a	38.98 a	3.47 a
B2F2	0.12 a	6.38 a	39.19 a	3.41 a
B2F3	0.11 a	4.08 a	36.78 a	3.71 a
B3F0	0	0	36.83 a	3.43 a
B3F1	0.11 a	6.72 b	38.58 a	3.20 a
B3F2	0.12 a	4.28 a	36.22 a	3.23 a
B3F3	0.16 a	8.12 b	35.26 a	3.26 a
B4F0	0	0	39.61 a	3.40 a
B4F1	0.12 a	5.57 a	36.82 a	3.26 a
B4F2	0.16 a	8.55 b	35.78 a	3.30 a
B4F3	0.21 a	3.65 a	33.43 a	3.29 a
B5F0	0	0	39.88 a	3.44 a
B5F1	0.09 a	5.77 a	43.49 a	3.88 b
B5F2	0.11 a	5.28 a	39.08 a	3.54 a
B5F3	0.06 a	5.64 a	39.29 a	3.43 a
B6F0	0	0	38.48 a	3.43 a
B6F1	0.13 a	7.01 a	39.77 a	3.55 a
B6F2	0.07 a	5.06 a	40.52 a	3.62 a
B6F3	0.10 a	8.35 a	40.83 a	3.68 a
B7F0	0	0	38.87 a	3.31 a
B7F1	0.02 a	6.68 a	41.02 a	3.61 b
B7F2	0.11 a	5.65 a	39.79 a	3.61 b
B7F3	0.03 a	4.19 a	38.39 a	3.55 b
B8F0	0	0	37.39 a	3.41 a
B8F1	0.14 a	6.62 a	43.58 a	3.38 a
B8F2	0.13 a	6.81 a	44.79 a	3.43 a
B8F3	0.07 a	6.60 a	39.38 a	3.57 a
B9F0	0	0	37.42 a	3.23 a
B9F1	0.14 ab	7.86 a	38.51 a	3.44 a
B9F2	0.07 a	4.90 a	37.82 a	3.27 a

B9F3	0.18 b	6.22 a	38.72 a	3.60 a
B10F0	0	0	39.29 a	3.50 a
B10F1	0.20 b	6.64 a	37.58 a	3.42 a
B10F2	0.16 b	5.16 a	43.13 a	3.68 a
B10F3	0.02 a	5.91 a	37.26 a	3.43 a

^a Angka dengan huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji Tukey pada taraf nyata 5%. tanpa FMA (F0); tanpa bakteri endofit (B0); *Glomus mosseae* (F1); *Glomus clarum* (F2); *Glomus intraradices* (F3); *Bacillus cereus* B079 (B1); *Stenotrophomonas maltophilia* B070 (B2); *Serratia nematodiphila* B33/77 (B3); *Serratia marcescens* B068 (B4); *Paenibacillus polymyxa* B32/77 (B5); *Brevundimonas olei* B13/497 (B6); *Bacillus megaterium* B17/111 (B7); *Serratia marcescens* B062 (B8); *Paenibacillus polymyxa* B119 (B9); *Bacillus velezensis* B060 (B10)

Hasil uji kompatibilitas bakteri endofit dan FMA terhadap peubah pengamatan menunjukkan interaksi yang berbeda. Interaksi bakteri endofit dan FMA dapat berefek positif dan negatif. Hal ini sangat tergantung pada jenis inang, jenis mikrob dan jenis media tanam yang digunakan sebagai media tumbuh tanaman. Ketiga komponen ini mempengaruhi kompatibilitas interaksi kedua mikrob. Ketika interaksi mikrob kompatibel maka secara sinergi menguntungkan bagi pertumbuhan dan kesehatan tanaman inangnya. Salah satu faktor utama yang mengatur struktur ekosistem mikrob di akar tanaman adalah interaksi antara fungi mikoriza, bakteri dan tanaman. Interaksi ketiganya berperan penting dalam membentuk komunitas ekosistem mikrob. Genotipe tanaman inang sangat mempengaruhi sejauh mana FMA dan bakteri mengkolonisasi akar inangnya melalui produksi eksudat akar yang menarik mikroorganisme spesifik ke rhizosfer. Bahan kimia tertentu seperti strigolakton dan benzoksazinoid yang diproduksi oleh tanaman menginduksi kemotaksis positif dan membantu merekrut FMA spesifik (Akiyama *et al.* 2005) dan bakteri di dekat zona akar (Nanjundappa *et al.* 2019). Kehadiran FMA dan bakteri di rhizosfer membantu meningkatkan kesehatan tanaman dan kemampuan FMA dan bakteri endofit untuk menjalankan fungsi fisiologisnya sebaik mungkin sesuai potensinya (Berendsen *et al.* 2012).

Interaksi gabungan bakteri dan FMA secara sinergi juga telah dibuktikan dalam beberapa penelitian dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman dan beberapa interaksi bersifat sangat spesifik (Artursson *et al.* 2006). Interaksi gabungan bakteri endofit dan FMA dalam penelitian ini didapatkan kombinasi terbaik yaitu *Bacillus cereus* dan *Glomus mosseae*, *Serratia marcescens* dan *Glomus clarum*, *Paenibacillus polymyxa* dan *G. mosseae*. Bertaux *et al.* (2003) melaporkan bakteri genus *Paenibacillus* spp merupakan endosimbion fungi *Laccaria bicolor* S238N. Selanjutnya Toljander *et al.* (2006) melaporkan pengujian penempelan strain bakteri yang diberi *green fluorescent protein* (GFP) *Paenibacillus brasilensis*, *Bacillus cereus*, *Pseudomonas fluorescens*, dan *Paenibacillus peoriae*, *Arthrobacter chlorophenolicus* pada hifa ekstraradikal FMA *Glomus* sp dan *Glomus intraradices* menunjukkan bakteri *A. chlorophenolicus* tidak menempel pada hifa, sedangkan strain yang lain tingkat keterikatan dengan hifa bervariasi. Hanya *P. brasilensis* yang menunjukkan keterikatan yang lebih besar dan konsisten pada hifa vital dari pada hifa non vital dari kedua spesies *Glomus* yang diuji. Penelitian sebelumnya Budi *et al.* 1999 menunjukkan *Paenibacillus* sp. strain B2 dapat memberikan efek biokontrol terhadap patogen tular tanah (*Phytophthora parasitica*). Penelitian lainnya menjelaskan *Paenibacillus brasilensis*, bersama dengan banyak *paenibacillus* lainnya dapat memfiksasi nitrogen (Achouak *et al.* 1999; Von der Weid *et al.* 2005). Fiksasi nitrogen di akar dan kolonisasi FMA adalah proses yang diketahui bertindak secara sinergis satu sama lain (Puppi *et al.* 1994), dan kontak langsung antara bakteri penambat nitrogen dengan hifa fungi mikoriza yang memiliki pengaruh positif pada interaksi mutualistik antara bakteri dan fungi.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Simpulan dari penelitian ini telah berhasil diperoleh 10 kombinasi antara bakteri endofit dan FMA yang kompatibel pada tanaman *Eucalyptus pellita*. Kombinasi bakteri endofit dan FMA mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman *E. pellita*.

Saran

Saran dari penelitian ini perlu di lakukan kajian potensi bakteri *Paenibacillus polymyxa* 32/77 dan cendawan *Glomus mosseae*. dalam upaya perlindungan dan peningkatan pertumbuhan tanaman Selain itu perlu juga dilakukan kajian formulasi bakteri *Paenibacillus polymyxa* 32/77 dan cendawan *Glomus mosseae*.

DAFTAR PUSTAKA

- Achouak W, Normand P, Heulin T. 1999. Comparative phylogeny of *rrs* and *nifH* genes in the Bacillaceae. International Journal of Systematic Bacteriology. 49: 961–967.
- Akiyama K, Matsuzaki K, Hayashi H. 2005. Plant sesquiterpenes induce hyphal branching in arbuscular mycorrhizal fungi. *Nature*. 435:824-827.
- Artursson V, Finlay RD, Jansson JK. 2006. Interactions between arbuscular mycorrhizal fungi and bacteria and their potential for stimulating plant growth. *Environmental Microbiology*. 8 (1): 1-10
- Brundrett MC, Melville L, Peterson L. 1994. Practical methods in mycorrhiza research. Canada: Mycologie Publications.
- Brundrett M, Bougher N, Dell B, Grove T, Malajczuk N. 1996. Examining mycorrhizal associations. Di dalam: Lync P, editor. Working with Mycorrhizas in Forestry and Agriculture. Australia: BPD Graphic Associates. hlm 173–193.
- Berendsen RL, Pieterse CMJ, Bakker PAHM. 2012. The rhizosphere microbiome and plant health. *Trends Plant Sci*. 17:478-86
- Bertaux J, Schmid M, Prevost-Boure NC, Churin JL, Hartmann A, Garbaye J, Frey-Klett P. 2003. In situ identification of intracellular bacteria related to *Paenibacillus* spp. in the mycelium of the ectomycorrhizal fungus *Laccaria bicolor* S238N. *Applied and Environmental Microbiology*. 69(7):4243–4248. DOI: <https://doi.org/10.1128/AEM.69.7.4243-4248.2003>
- Ferreira MA, Mafia RG, Alfenas AC. 2017. *Ralstonia solanacearum* decreases volumetric growth of trees and yield of kraft cellulose of Eucalyptus spp. *Forest pathology*.
- Giovannini L, Palla M, Agnolucci M, Avio L, Sbrana C, Turrini A and Giovannetti M. 2020. Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Associated Microbiota as Plant Biostimulants: Research Strategies for the Selection of the Best Performing Inocula. *Agronomy*. 10:106-120.
- Jin CW, Ye YQ, Zheng, SJ. 2014. An underground tale: contribution of microbial activity to plant iron acquisition via ecological processes. *Ann. Bot*. 113, 7–18.
- Nanjundappa A, Bagyaraj DJ, Saxena AK, Kumar M and Chakdar H. 2019. Interaction between arbuscular mycorrhizal fungi and *Bacillus* spp. in soil enhancing growth of crop plants. *Fungal Biol Biotechnol*. 6:23-33.
- Perez-de-Luque A, Tille S, Johnson I, Pascual-Pardo D, Ton J, Cameron DD. 2017. The interactive effects of arbuscular mycorrhiza and plant growth-promoting rhizobacteria synergistically enhance host plant defences against pathogens. *Scientific RePoRts*. 7: 16409-16419.

- Puppi. G. Azcon R, Hoflich G. 1994. Management of positive interactions of arbuscular mycorrhizal fungi with essential groups of soil microorganisms. Di dalam: Gianinazzi S, Schuepp H, editor. Impact of Arbuscular Mycorrhizas on Sustainable Agriculture and Natural Ecosystems. Birkhauser Verlag, Basel, Switzerland. Hlm 201–215. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-0348-8504-1_16
- Singh M, Kumar A, Singh R, Pandey KD. 2017. Endophytic bacteria: a new source of bioactive compounds. *Biotech.* 7:315-329.
- Smith SE, Read DJ. 2008. Arbuscular mycorrhizas. In: *Mycorrhizal symbiosis*. Academic Press. San Diego. pp 1-188
- Siregar BA, Indrayadi H dan Mardai 2012. Ancaman Penyakit layu bakteri terhadap produktivitas *Eucalyptus pellita* di dataran rendah tropis Laporan Tahunan R&D (Perawang: R&D PT. Arara Abadi) p 15.
- Surendirakumar K, Pandey RR and Muthukumar T. 2019. Influence of indigenous arbuscular mycorrhizal fungus and bacterial bioinoculants on growth and yield of *Capsicum chinense* cultivated in non-sterilized soil. *The Journal of Agricultural Science*. pp 1-14.
- Toljander JF, Artursson V, Paul LR, Jansson JK, Finlay RD. 2006. Attachment of different soil bacteria to arbuscular mycorrhizal fungal extraradical hyphae is determined by hyphal vitality and fungal species. *FEMS Microbiology Letters*. 254(1):34–40. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1574-6968.2005.00003.x>
- Upresti R and Thomas P. 2015. Root-associated bacterial endophytes from *Ralstonia solanacearum* resistant and susceptible tomato cultivars and their pathogen antagonistic effects. *Frontiers in microbiology*. 6:255-267
- Verbruggen E, Van der Hijden MGA, Weedon JT, Kowalchuk GA and Rölöng WFM (2012) Community assembly, species richness and nestedness of arbuscular mycorrhizal fungi in agricultural soils. *Molecular Ecology* 21, 2341–2353.
- Von der Weid I, Artursson V, Seldin L, Jansson JK. 2005. Antifungal and root surface colonization properties of GFP-tagged *Paenibacillus brasilensis* PB177. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 21(8–9): 1591– 1597. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11274-005-8123-3>.
- Weyens N, van der Lelie, D, Taghavi S, Vangronsveld J. 2009. Phytoremediation: plant–endophyte partnerships take the challenge. *Biotechnol.* 20, 248-254.