

Peningkatan Viabilitas dan Vigor Benih Kakao (*Theobroma cocoa* L.) Menggunakan Campuran Rizobakteri dan Mikoriza

*Increasing of Viability and Vigor Cocoa Seeds (*Theobroma cocoa* L.) Using a Mixture of Rhizobacteria and Mycorrhizae*

Faradilla¹, F. Silvi Dwi Mentari¹, Nur Hidayat¹, Reza Wahyudi¹, La Mudi^{1*)}, Gusti Ayu Kade Sutariati²

¹Program Studi Budidaya Tanaman Perkebunan, Politeknik Pertanian Negeri Samarinda
Jl. Samratulangi, Kecamatan Samarinda Seberang, Kelurahan Gunung Panjang, Samarinda
75131

²Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Halu Oleo
Jl. H.E.A. Mokodompit, Kecamatan Kambu, Kelurahan Kambu, Kendari 93232

^{*)} Penulis untuk korespondensi E-mail: lamudi89@gmail.com

Diajukan: 14 Januari 2023 **/Diterima:** 19 Mei 2023 **/Dipublikasi:** 29 Mei 2023

ABSTRACT

The use of low seed quality will have an impact on decreasing crop production. Therefore, in order to support the improvement of the quality of plant seeds in order to produce high-quality seeds. The use of rhizobacteria and mycorrhizae alone has been able to provide a significant effect in supporting plant growth and yield. This study aimed to increase the viability and vigor of cocoa seeds using a mixture of rhizobacteria and mycorrhizae. This research was carried out from June to July 2022 at the Agronomy Laboratory of the Plantation Cultivation Study Program at the Samarinda State Agricultural Polytechnic. This study used a completely randomized design with 9 treatments and the treatment was repeated 3 times to obtain 27 experimental units. Observational variables from this study included: germination (%), growth uniformity (%), vigor index (%), relative growth rate (% etmal⁻¹), and T50 (days). The results of the observational data were analyzed using analysis of variance (Anova). The results of the analysis that showed the effect was continued with the Least Significant Difference (LSD)_{α=0.05}. The results showed that the mixture of rhizobacteria and mycorrhizae was proven to be effective in increasing the germination of cacao seeds. Mixed treatment of rhizobacteria P01 isolates and mycorrhizal doses of 50 g gave the best results for increasing germination up to 33.33%, vigor index of 100.05%, growth uniformity of 52.17%, the relative growth rate of 46.21% and T50 of 25.03%, when compared without rhizobacteria and without mycorrhizae (R0M0). Based on this, of course, a mixture of rhizobacteria and mycorrhizae can be used to increase the growth of cacao seedlings.

Keywords: Mycorrhizae; Rhizobacteria; Seed Biopriming; Seed Vigor.

INTISARI

Penggunaan benih bermutu rendah akan berdampak terhadap penurunan produksi tanaman. Oleh karena itu, guna mendukung peningkatan mutu benih tanaman agar menghasilkan bibit yang bermutu tinggi. Penggunaan rizobakteri dan mikoriza secara tunggal telah mampu memberikan efek yang signifikan dalam mendukung pertumbuhan dan hasil tanaman. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan viabilitas dan vigor benih kakao menggunakan campuran rizobakteri dan mikoriza. Penelitian ini

dilaksanakan pada bulan Juni sampai Juli 2022 yang bertempat di Laboratorium Agronomi Program Studi Budidaya Tanaman Perkebunan Politeknik Pertanian Negeri Samarinda. Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap dengan 9 perlakuan dan setiap perlakuan diulang 3 kali sehingga diperoleh 27 unit percobaan. Variabel pengamatan dari penelitian ini meliputi: daya berkecambah (%), keserempakan tumbuh (%), indeks vigor (%), kecepatan tumbuh relatif (% etmal^{-1}) dan T_{50} (hari). Data hasil pengamatan dianalisis menggunakan analisis ragam (Anova). Hasil analisis yang menunjukkan pengaruh nyata dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) $_{\alpha=0,05}$. Hasil penelitian menunjukkan bahwa campuran rizobakteri dan mikoriza terbukti efektif meningkatkan perkecambahan bibit tanaman kakao. Perlakuan campuran rizobakteri isolat P01 dan dosis mikoriza 50 g memberikan hasil terbaik terhadap peningkatan daya berkecambah hingga mencapai 33.33%, indeks vigor sebesar 100.05%, keserempakan tumbuh sebesar 52,17%, kecepatan tumbuh relatif sebesar 46.21% dan T_{50} sebesar 25.03% bila dibandingkan dengan tanpa rizobakteri dan tanpa mikoriza (R0M0). Berdasarkan hal ini tentunya, campuran rizobakteri dan mikoriza dapat digunakan untuk meningkatkan pertumbuhan bibit tanaman kakao.

Kata kunci: Biopriming Benih; Mikoriza; Rizobakteri; Vigor Benih

PENDAHULUAN

Kakao merupakan salah tanaman perkebunan yang mempunyai nilai ekonomi tinggi dan sebagai sumber devisa Negara. Produksi kakao di Kalimantan Timur tahun 2020 sebesar 2.537 t dengan luas lahan 6.883 ha. Sementara pada tahun 2021 produksi tanaman kakao sebesar 2.182 t dengan luas lahan 7.617 ha (Disbun-Kaltim, 2022). Berdasarkan data tersebut, produksi tanaman kakao di Kalimantan Timur mengalami penurunan meskipun luas lahan meningkat. Salah satu kendala penurunan produksi ini disebabkan oleh rendahnya ketersediaan bibit bermutu. Padahal telah diketahui bahwa penggunaan bibit bermutu tinggi merupakan prasyarat dalam budidaya tanaman (Harjadi, 2019). Oleh karena itu, penggunaan bibit bermutu tinggi harus dipastikan tersedia guna mendukung peningkatan produksi tanaman kakao.

Guna mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan teknologi tepat guna yaitu dengan memanfaatkan rizobakteri dan

mikoriza. Rizobakteri merupakan bakteri yang hidup pada perakaran tanaman tanpa menimbulkan penyakit dan bersifat menguntungkan bagi tanaman inang (Shaikh *et al.*, 2018; Sutariati *et al.*, 2020). Sementara mikoriza merupakan cendawan yang berasosiasi dengan akar tanaman dalam meningkatkan serapan hara terutama unsur P dan meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman (Herawati *et al.*, 2021). Selain itu, mikoriza juga dilaporkan mampu menghasilkan hormon tumbuh pemacu pertumbuhan tanaman (Foo *et al.*, 2013; Dhiman *et al.*, 2020; Pan *et al.*, 2022).

Penggunaan rizobakteri secara tunggal terbukti efektif meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman karena rizobakteri mempunyai kemampuan menghasilkan hormon tumbuh, melarutkan fosfat dan memfiksasi nitrogen (Sari *et al.*, 2019; Leontidou *et al.*, 2020; Dhifa *et al.*, 2021; Sudewi *et al.*, 2021). Selain rizobakteri, penggunaan mikoriza secara tunggal juga

mampu meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman (Igiehon & Babalola, 2017; Hasid *et al.*, 2018; Hasid *et al.*, 2020). Berdasarkan kemampuan tersebut maka kombinasi rizobakteri dan mikoriza mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman (Yanti *et al.*, 2018).

Beyene *et al.* (2022) melaporkan bahwa kombinasi *B. shewense* + *A. soli* + *Glomus* sp.1 + *Acaulospora* sp.1 meningkatkan panjang tunas dan berat kering pucuk bila dibandingkan dengan kontrol. Inokulasi *B. shewense* + *A. soli* mampu meningkatkan nitrogen pucuk dan *B. shewense* + *Glomus* sp.1 mampu meningkatkan kandungan P pucuk. Lebih lanjut dilaporkan, kombinasi PGPR-rhizobia-AMF mampu meningkatkan berat kering pucuk dan akar kacang faba dan gandum. Raklami *et al.* (2019) melaporkan bahwa, inokulasi PGPR-rhizobia-mikoriza mampu meningkatkan kandungan hara jaringan daun, kandungan gula dan protein. Lebih lanjut dilaporkan bahwa, kombinasi rizobakteri dan mikoriza mampu meningkatkan ketahanan tanaman terhadap penyakit (Pérez-de-Luque *et al.*, 2017; Hidayat *et al.*, 2019; Bizos *et al.*, 2020).

Berdasarkan uraian tersebut diatas, maka kajian kombinasi rizobakteri dan mikoriza diharapkan dapat meningkatkan viabilitas dan vigor benih kakao, agar diperoleh bibit bermutu tinggi. Tujuan dari pelaksanaan penelitian ini yaitu untuk meningkatkan viabilitas dan vigor benih kakao dengan menggunakan campuran rizobakteri dan mikoriza.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Agronomi Program Studi Budidaya Tanaman Perkebunan Politeknik Pertanian Negeri Samarinda, pada Bulan Juni Sampai Juli 2022. Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu *laminar air flow cabinet* (LAFC), *autoclave*, oven, shaker, *hot plate*, stirrer, gelas beker, erlenmeyer, petridish, jarum ose, Bunsen, batang penyebar, mikroskop stereo, saringan mesh dan boks perkecambahan. Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu benih kakao varietas Forastero, rizobakteri isolat S02 dan P01 (Koleksi La Mudi, S.P., M.P. (belum dipublikasi)), mikoriza, *triptic soy broth* (merck), agar, NaOCl, aquades, alkohol 70%, spiritus, aluminium foil, plastik wrap, tisu, abu gosok, arang sekam dan tanah.

Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap dengan 9 perlakuan yaitu tanpa rizobakteri dan mikoriza (R_0M_0), tanpa rizobakteri dengan dosis mikoriza 25 g (R_0M_1), tanpa rizobakteri dengan dosis mikoriza 50 g (R_0M_2), rizobakteri isolat S02 dengan tanpa mikoriza (R_1M_0), campuran rizobakteri isolat S02 dengan dosis mikoriza 25 g (R_1M_1), campuran rizobakteri isolat S02 dengan dosis mikoriza 50 g (R_1M_2), rizobakteri isolat P01 dengan tanpa mikoriza (R_2M_0), campuran rizobakteri isolat P01 dengan dosis mikoriza 25 g (R_2M_1), campuran rizobakteri isolat P01 dengan dosis mikoriza 50 g (R_2M_2). Setiap perlakuan akan diulang 3 kali sehingga diperoleh 27 unit percobaan.

Prosedur Penelitian

Media yang digunakan untuk perbanyak rizobakteri yaitu menggunakan media TSA (*tripitic soy agar*) padat. Media TSA dibuat menggunakan campuran 40 g TSB, 20 g agar dan dilarutkan dalam aquades 1000 ml. Selanjutnya campuran bahan dimasak menggunakan *hot plate* hingga mendidih. Selanjutnya bahan tersebut dimasukkan dalam erlenmeyer dan disterilkan menggunakan *autoclave* pada suhu 121 °C pada tekanan 1 atm selama 15 menit. Media TSA selanjutnya dituang kedalam petridish dengan ketebalan $\pm 0,1$ cm secara aseptik di dalam LAF. Selanjutnya rizobakteri bakteri diperbanyak dan diinkubasi selama 48 jam. Selanjutnya rizobakteri disuspensi dengan menggunakan aquades steril dan dishaker hingga mencapai kerapatan populasi 10^9 cfu ml⁻¹ (Sutariati *et al.*, 2019).

Persiapan Mikoriza

Mikoriza yang digunakan pada penelitian yaitu diperoleh dari rhizosfer gulma alang-alang. Sebelum digunakan mikoriza terlebih dahulu dieksplorasi untuk memastikan kelimpahan mikoriza yang terdapat pada tanaman rizosfer alang-alang dengan cara mengambil sampel tanah, selanjutnya ditimbang sebanyak 50 g tanah ditambah dengan air sebanyak 100 ml, selanjutnya di shaker selama 30 menit. Selanjutnya sampel tanah disaring menggunakan saringan mess

dengan 3 susun dan dibersihkan dengan air mengalir hingga partikel tanah dan akar tercuci dan terbuang. Langkah selanjutnya yaitu mengambil spora yang telah disaring dan diamati di bawah mikroskop stereo. Setelah diperoleh spora mikoriza langkah selanjutnya yaitu mengambil sampel tanah dan akar alang-alang untuk digunakan.

Pengecambahan Benih Kakao

Benih kakao yang digunakan pada penelitian yaitu diperoleh dari perkebunan rakyat di Kalimantan Timur. Buah kakao yang telah masak fisiologis dipanen dan dibersihkan *pulpnya* dengan menggunakan abu gosok. Sebanyak sebanyak 75 butir benih kakao, selanjutnya disterilkan dengan menggunakan NaOCl 5% selama 5 menit, lalu dibilas dengan akuades steril sebanyak 3 kali. Benih selanjutnya dikeringanginkan di dalam LAF dan setelah kering dimasukkan ke dalam erlenmeyer steril yang telah berisi suspensi rizobakteri dan selanjutnya dishaker dengan dengan kecepatan 150 rpm selama 24 jam. Selanjutnya benih dikeluarkan dan ditanam pada boks perkecambahan (p x l x t = 20 cm x 20 cm x 6.5 cm) yang telah berisi arang sekam steril selama 14 hari. Selama perkecambahan dilakukan pemeliharaan media uji perkecambahan dengan cara disemprot, guna menjaga kelembaban media dan dilakukan pengamatan setiap hari selama 14 hari terhadap benih berkecambah dan benih berkecambah normal.

Variabel Pengamatan

Pengamatan dilakukan terhadap peubah viabilitas dan vigor benih kecambah benih kakao, yaitu sebagai berikut:

Daya Berkecambah (%). Daya berkecambah (DB) menggambarkan viabilitas potensial benih (Sadjad *et al.*, 1999), dihitung berdasarkan persentase kecambah normal pada hari terakhir pengamatan (15 hst) dengan rumus:

$$DB = \frac{\sum \text{Benih Kecambah Normal}}{\sum \text{Benih yang Ditanam}} \times 100\% \dots \dots \dots (1)$$

Indeks Vigor (%). Indeks vigor (IV) diamati dengan menghitung persentase kecambah normal pada hari hitungan I. Persentase kecambah normal hari hitungan I, diamati pada hari ke-7 dihitung dengan rumus:

$$IV = \frac{\sum \text{Kecambah Normal Hitungan I}}{\sum \text{Benih yang Ditanam}} \times 100\% \dots \dots \dots (2)$$

Keserempakan tumbuh (%). Keserempakan tumbuh (KST) menggambarkan vigor benih, dihitung berdasarkan persentase kecambah normal pada hari antara hitungan pertama (7 hst) dan kedua (15 hst).

$$KST = \frac{\sum \text{Kecambah Hari Antara KN I \& KN II}}{\sum \text{Benih yang Ditanam}} \times 100\% \dots \dots \dots (3)$$

Kecepatan tumbuh relatif (% etmal⁻¹). Kecepatan tumbuh (KCT) dihitung berdasarkan akumulasi kecepatan tumbuh setiap hari melalui pengamatan persentase kecambah normal perhari. Pada benih padi, K_{CT} relatif dihitung melalui perbandingan nilai K_{CT} dengan K_{CT} maksimum diperoleh dari asumsi bahwa saat hitungan pertumbuhan kecambah normal mencapai 100%.

$$KCT = \sum_0^N \frac{N}{t}$$

$$KCT^R = \frac{KCT}{KCT \text{ Max}} \times 100\%$$

$$KCT \text{ max} = \frac{100}{\sum \text{Hari Hitungan I}} \times 100\% \dots \dots \dots (4)$$

Dimana: KCT = Kecepatan Tumbuh, KCT^{-R} = Kecepatan Tumbuh Relatif, t = Waktu pengamatan, N = % kecambah normal (KN) pada setiap waktu pengamatan.

T₅₀ (hari). T₅₀ adalah waktu yang dibutuhkan untuk mencapai 50% total pertumbuhan kecambah, pengamatan dilakukan setiap hari. Rumus T₅₀ yaitu:

$$T_{50} = t_i + \left[\frac{n50\% - n_i}{n_j - n_i} \right] \dots \dots \dots (5)$$

Dimana: T₅₀ = waktu (hari) yang dibutuhkan untuk mencapai 50% total perkecambahan, t_i = waktu (hari) batas bawah sebelum mencapai 50% perkecambahan, n₅₀ = ∑ kecambah

50% dari total perkecambahan, $n_i = \sum$ kecambah batas bawah sebelum 50% total perkecambahan, $n_j = \sum$ kecambah batas atas setelah mencapai 50% total perkecambahan.

Data hasil pengamatan setiap perlakuan ditabulasi dan dilanjutkan dengan analisis ragam. Hasil analisis ragam yang menunjukkan pengaruh nyata dilanjutkan dengan uji $BNT_{\alpha=0,05}$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian terhadap perlakuan campuran rizobakteri dan mikoriza secara signifikan mampu meningkatkan perkecambahan benih kakao. Hasil penelitian kombinasi rizobakteri dan mikoriza terhadap daya berkecambah (%), indeks vigor (%) dan keserempakan tumbuh (%) benih kakao disajikan pada Tabel 1. Sementara hasil penelitian kombinasi rizobakteri dan mikoriza terhadap kecepatan tumbuh relatif (% etmal^{-1}) dan T_{50} (hari) disajikan pada Tabel 2. Sementara performa perkecambahan benih kakao pada perlakuan rizobakteri dan mikoriza disajikan pada Gambar 1.

Hasil penelitian pada Tabel 1 menunjukkan bahwa menunjukkan bahwa campuran rizobakteri isolat P01 dengan dosis mikoriza 50 g (R2M2) terhadap daya berkecambah benih kakao sebesar 100% (peningkatan 33.33%) yang tidak berbeda nyata dengan campuran rizobakteri isolat S02 dengan dosis mikoriza 25 g (R1M1)

sebesar 97.22 % (peningkatan 29.6%), tetapi berbeda nyata dengan perlakuan lainnya terutama tanpa menggunakan rizobakteri dan mikoriza (R0M0) sebesar 75.00%. Indeks vigor tertinggi diperoleh perlakuan campuran rizobakteri isolat P01 dengan dosis mikoriza 50 g (R2M2) dan tanpa rizobakteri dengan dosis mikoriza 50 g (R0M2) sebesar 38.89% yang tidak berbeda nyata dengan perlakuan campuran rizobakteri isolat S02 dengan dosis mikoriza 25 g (R1M1) dan perlakuan campuran rizobakteri isolat S02 dengan dosis mikoriza 50 g (R1M2) sebesar 36.11% tetapi berbeda nyata dengan perlakuan lainnya terutama tanpa perlakuan sebesar 19.44%. Hasil penelitian terhadap keserempakan tumbuh tertinggi diperoleh pada perlakuan campuran rizobakteri isolat P01 dengan dosis mikoriza 50 g (R2M2) sebesar 97.22% (peningkatan 52.17%) yang berbeda nyata dengan perlakuan lainnya terutama tanpa perlakuan yaitu sebesar 63.89%.

Tabel 1. Pengaruh campuran rizobakteri dan mikoriza terhadap daya berkecambah (%), indeks vigor (%) dan keserempakan tumbuh (%)

Perlakuan	Variabel Pengamatan		
	Daya Berkecambah (%)	Indeks Vigor (%)	Keserempakan Tumbuh (%)
R0M0	75.00 ^e	19.44 ^c	63.89 ^e
R0M1	83.33 ^d	25.00 ^{bc}	77.78 ^d
R0M2	88.89 ^c	38.89 ^a	80.56 ^{cd}
R1M0	91.67 ^{bc}	25.00 ^{bc}	80.56 ^{cd}
R1M1	97.22 ^{ab}	36.11 ^{ab}	86.11 ^{bc}
R1M2	94.44 ^b	36.11 ^{ab}	88.89 ^b
R2M0	91.67 ^{bc}	25.00 ^{bc}	83.33 ^c
R2M1	94.44 ^b	30.56 ^b	88.89 ^b
R2M2	100.00 ^a	38.89 ^a	97.22 ^a

Keterangan: Rata-rata yang diikuti huruf yang sama dalam suatu kolom menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji BNT _{$\alpha=0.05$}

Tabel 2. Pengaruh campuran rizobakteri dan mikoriza terhadap kecepatan tumbuh relatif (% etmal⁻¹) dan T₅₀ (hari)

Perlakuan	Variabel Pengamatan	
	Kecepatan Tumbuh Relatif (% etmal ⁻¹)	T ₅₀ (hari)
R0M0	59.53 ^e	8.07 ^a
R0M1	67.34 ^d	7.22 ^b
R0M2	74.26 ^c	6.75 ^c
R1M0	73.84 ^c	7.18 ^{bc}
R1M1	79.75 ^b	6.70 ^c
R1M2	79.68 ^b	6.68 ^c
R2M0	74.93 ^c	7.09 ^{bc}
R2M1	78.74 ^b	6.67 ^c
R2M2	87.04 ^a	6.05 ^d

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama berbeda tidak nyata pada uji BNT _{$\alpha=0.05$}

Hasil penelitian pada Tabel 2 menunjukkan bahwa kecepatan tumbuh relative tertinggi diperoleh pada campuran rizobakteri isolat P01 dengan dosis mikoriza 50 g (R2M2) sebesar 87.04% etmal⁻¹ (peningkatan 46.21%) yang berbeda nyata dengan perlakuan lainnya terutama tanpa menggunakan rizobakteri dan mikoriza (R0M0) sebesar 59.53% etmal⁻¹. Hasil penelitian terhadap T₅₀ tercepat ditunjukkan pada campuran rizobakteri isolat P01 dengan dosis mikoriza 50 g (R2M2) selama 6.05 hari (peningkatan 25.05%) yang berbeda nyata

dengan perlakuan lainnya terutama tanpa menggunakan rizobakteri dan mikoriza (R0M0) selama 8.07 hari. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan campuran rizobakteri dan mikoriza mampu mempercepat perkecambahan benih kakao. Peningkatan perkecambahan benih kakao pada penelitian disebabkan oleh kemampuan rizobakteri dalam memproduksi hormon tumbuh berupa IAA. Hasil penelitian Mudi & Rusmini (2022) melaporkan bahwa isolat rizobakteri S02 dan isolat P01 mampu menghasilkan IAA berturut-turut sebesar

89.89 ppm dan 107.11 ppm. Sejalan dengan penelitian Leontidou et al. (2020) dan Dhifa et al. (2021) bahwa rizobakteri mampu memproduksi hormon tumbuh berupa IAA yang berperan dalam peningkatan perkecambahan.

Selain rizobakteri, mikoriza juga dilaporkan mampu menghasilkan hormon tumbuh berupa IAA (Zhang et al., 2018; Hashem et al., 2018). Kombinasi rizobakteri dan mikoriza juga menyebabkan peningkatan perkecambahan benih. Hal ini relevan dengan penelitian Bizo et al. (2020) yang melaporkan bahwa kombinasi mikoriza dan PGPR mampu merangsang pertumbuhan akar tanaman. Penggunaan rizobakteri dilaporkan memiliki kemampuan dalam melarutkan menghasilkan hormon tumbuh berupa IAA (Tang et al., 2020). Rizobakteri mempunyai kemampuan dalam mematahkan dormansi benih (Sutariati et al., 2021) sekaligus mampu meningkatkan

perkecambahan benih tanaman (Singh et al., 2020). Lebih lanjut dilaporkan bahwa, penggunaan rizobakteri mampu meningkatkan panjang akar dan jumlah akar (Lestari et al., 2020). Selain rizobakteri, penggunaan mikoriza secara tunggal mampu meningkatkan perkecambahan benih cabai meskipun telah disimpan 3 tahun (Poštić et al., 2019) dan juga mampu meningkatkan perkecambahan sekaligus mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman kina (Fernandes-Zarate et al., 2022). Lebih lanjut dilaporkan bahwa mikoriza mampu menghasilkan hormon tumbuh pemacu pertumbuhan tanaman (Liu et al., 2018^a; Dhiman et al., 2020; Pons et al., 2020) sehingga mampu berperan sebagai biofertilizer (Begum et al., 2019; Pan et al., 2022; Kalamulla et al., 2022) sekaligus mampu meningkatkan ketahanan tanaman terhadap cekaman abiotik (Chen et al., 2020; Jabborova et al., 2022).



Gambar 1. Performa perkecambahan benih kakao pada perlakuan kombinasi rizobakteri dan mikoriza

Gambar 1 menunjukkan bahwa perlakuan campuran rizobakteri isolat P01 dengan dosis mikoriza 50 g (R2M2) mampu memberikan performa perkecambahan yang lebih baik bila dibandingkan dengan tanpa

rizobakteri dan tanpa mikoriza (R0M0). Hasil penelitian ini menunjukkan kombinasi rizobakteri dan perbedaan dosis mikoriza mampu meningkatkan perkecambahan benih kakao. Hal ini sejalan dengan penelitian

Chandini et al. (2022), yang melaporkan bahwa perlakuan konsorsium mikroba secara signifikan mampu meningkatkan pertumbuhan bibit tanaman bila dibandingkan dengan tanpa perlakuan. Hal ini dikarenakan rizobakteri mampu berperan sebagai PGPR dan produksi hormon tumbuh IAA (Meena *et al.*, 2020) dan mikoriza mampu berasosiasi dengan tanaman inang dalam mensintesis IAA (Liu *et al.*, 2018^b). Kombinasi rizobakteri dan mikoriza juga dapat meningkatkan penyerapan unsur hara tanah yang berperan dalam pertumbuhan tanaman, infeksi patogen akar dan meningkatkan ketahanan tanaman terhadap kekeringan (Munarti *et al.*, 2018). Lebih lanjut dilaporkan bahwa inokulasi rizobakteri-mikoriza mampu meningkatkan bobot kering tanaman gandum dan serapan hara N dan P (Raklami *et al.*, 2021). Penelitian lain juga melaporkan bahwa pemberian pupuk hayati berbasis mikoriza arbuskular dan rizobakteri pemacu pertumbuhan tanaman dengan interval aplikasi 2 minggu dan 1 bulan sekali dapat meningkatkan tinggi, diameter dan berat kering bibit kakao (Widowati *et al.*, 2020).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa perlakuan rizobakteri menggunakan campuran rizobakteri dan mikoriza mampu meningkatkan viabilitas dan vigor benih kakao. Perlakuan campuran rizobakteri isolat P01 dan dosis mikoriza 50 g (R2M2) memberikan hasil terbaik terhadap peningkatan daya berkecambah sebesar 33.33%, indeks vigor sebesar 100.05%, keserempakan tumbuh sebesar 52,17%, kecepatan tumbuh relatif sebesar 46.21% dan T_{50} sebesar 25.03% bila dibandingkan dengan tanpa rizobakteri dan tanpa mikoriza (R0M0).

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami sampaikan kepada Politeknik Pertanian Negeri Samarinda melalui Dana Internal/PNBP Politani Samarinda tahun anggaran 2022 sesuai dengan Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran (DIPA) Nomor: SP DIPA-023.18.2.677611/2022.

DAFTAR PUSTAKA

- Begum, N., C. Qin, M. A. Ahannger, R. Raza, M. I. Khan, M. Ashraf, N. Ahmed, & L. Zhang. 2019. Role of arbuscular mycorrhizal fungi in plant growth regulation: implications in abiotic stress tolerance. *Front. Plant Sci.*, 10:1068. doi: 10.3389/fpls.2019.01068.
- Bizos, G., E. M. Papatheodorou, T. Chatzistathis, N. Ntalli, V. G. Aschonitis, & N. Monokrousos, N., 2020. The role of microbial inoculants on plant protection, growth stimulation, and crop productivity of the olive tree (*Olea europaea* L.). *Plants*, 9: 743. doi:10.3390/plants9060743.
- Chandini, P., R. Ashwin and D. J. Bagyaraj. 2022. Dual inoculation with AM fungus *Funneliformis mosseae* and PGPR *Bacillus sonorensis* enhances growth of brinjal seedlings raised in pro trays. *Kavaka*, 58(3): 11-15. doi: 10.36460/Kavaka/58/3/2022/11-15.
- Chen, W., P. Meng, H. Feng, and C. Wang. 2020. effects of arbuscular mycorrhizal fungi on growth and physiological performance of *Catalpa bungei* C.A.Mey. under drought stress. *Forests*, 11: 1117. doi:10.3390/f11101117.
- Dhifa, P. A., S. Syamsuddin, & Hasanuddin, H. (2021). Pengaruh perlakuan benih menggunakan rizobakteri pemacu pertumbuhan tanaman terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench). *J. Agrista*, 25(2), 73-81.
- Dhiman, M., L. Sharma, P. Kaushik, A. Singh, & M. M. Sharma. 2022. Mycorrhiza: an ecofriendly bio-tool for better survival of plants in nature. *Sustainability*, 14: 10220. <https://doi.org/10.3390/su141610220>.
- Disbun-Kaltim. 2022. *Produksi Tanaman Kakao Kalimantan Timur*. Kalimantan Timur. Samarinda.
- Fernandez-Zarate, F. H., A. E. Huaccha-Castillo, L. Quiñones-Huatangari, S. P. Vaca-Marquina, T. Sanchez-Santillan, E. Morales-Rojas, A. Seminario-Cunya, M. Guelac-Santillan, L. M. Barturén-Vega, & D. Coronel-Bustamante. 2022. Effect of arbuscular mycorrhiza on germination and initial growth of *Cinchona officinalis* L. (Rubiaceae). *Forest Science and Technology*. 18(4):182-189. DOI:10.1080/21580103.2022.2124318.
- Foo, E., J. J. Ross, W. T. Jones, & J. B. Reid. 2013. Plant hormones in arbuscular mycorrhizal symbioses: an emerging role for gibberellins. *Ann Bot.*, 111(5):769-79. doi: 10.1093/aob/mct041. Epub 2013 Mar 18. PMID: 23508650; PMCID: PMC3631329.
- Hashem, A., A. A. Alqarawi, R. Radhakrishnan, A. F. Al-Arjani, H. A. Aldehaish, & D. Egamberdieva. 2018. Arbuscular mycorrhizal fungi regulate the oxidative system, hormones, and ionic equilibrium to trigger salt stress tolerance in *Cucumis sativus* L. *Saudi J. Biol. science*. 25(6): 1102–1114. doi: 10.1016/j.sjbs.2018.03.009.
- Hasid, R., A. M. Kandari, Halim, M. J. Arma, Sarawa, & M. Yusuf. 2020. Effect of arbuscular mycorrhizal and sago dregs on peanut plants (*Arachis hypogaea* L.) grown on southeast sulawesi's dryland. *J. Agron.*, 19: 40-45. DOI: 10.3923/ja.2020.40.45.
- Hasid, R., M. J. Arma, & A. Nurmas. 2018. Existence arbuscula mycorrhiza and its application effect to several variety of corn plant (*Zea mays* L.) In marginal dry land. *Pak. J. Biol. Sci.* 21: 199-204. DOI: 10.3923/pjbs.2018.199.204.
- Herawati, A., J. Syamsiyah, Mujiyo, M. Rochmadtulloh, A. A. Susila, & M. R. Romadhon. 2021. Mycorrhizae and a soil ameliorant on improving the characteristics of sandy soil. *Sains Tanah – Journal of Soil Science and Agroclimatology*. 18(1): 73-80.

- Hidayat, C., D. H. Arief, J. Sauman, & A. Nurbaiti. 2019. Microaggregate and macroaggregate of Andisol affected by arbuscular mycorrhizal fungi and rhizobacteria. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 334. 012025. Doi: 10.1088/1755-1315/334/1/012025.
- Igiehon, N. O, and O. O. Babalola. 2017. Biofertilizers and sustainable agriculture: exploring arbuscular mycorrhizal fungi. *Appl Microbiol Biotechnol*. 101:4871–4881. DOI 10.1007/s00253-017-8344-z.
- Jabborova, D., K. Annapurna, A. Azimov, S. Tyagi, K. R. Pengani, P. Sharma, V. K. Vikram, P. Poczai, O. Nasif, M. J. Ansari, & R. Z. Sayyed. 2022. Co-inoculation of biochar and arbuscular mycorrhizae for growth promotion and nutrient fortification in soybean under drought conditions. *Front. Plant Sci*. 13:947547. doi:10.3389/fpls.2022.947547.
- Kalamulla, R., S. C. Karunarathna, S. Tibpromma, M. C. A. Galappaththi, N. Suwannarach, S. L. Stephenson, S. Asad, Z. S. Salem, & N. Yapa. Arbuscular mycorrhizal fungi in sustainable agriculture. *Sustainability*. 14: 2250. <https://doi.org/10.3390/su141912250>
- Leontidou, K., S. Genitsaris, A. Papadopoulou, N. Kamou, I. Bosmali, T. Matsi, P. Madesis, D. Vokou, K. Karamanoli, & I. Mellidou. 2020.. Plant growth promoting rhizobacteria isolated from halophytes and drought-tolerant plants: genomic characterization and exploration of phyto-beneficial traits. *Scientific Reports*. 10: 14857.
- Lestari, S. D., N. Augustien, & I. R. Moeljani. 2020. Respon pertumbuhan bibit kawista (*Limonia acidissima* L.) terhadap pemberian pgpr (plant growth promoting rhizobacteria). *Plumula*. 8(2): 93-100.
- Liu, C. Y., F. Zhang, D. J. Zhang, A. K. Srivastava, Q. S. Wu, & Y. N. Zou. 2018a. Mycorrhiza stimulates root-hair growth and iaa synthesis and transport in trifoliolate orange under drought stress. *Sci Rep*. 8: 1978. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-20456-4>.
- Liu, C. Y., P. Wang, D. J. Zhang, & Z. Ying-Ning. 2018b. Mycorrhiza-induced change in root hair growth is associated with iaa accumulation and expression of EXPs in trifoliolate orange under two P levels. *Scientia Horticulturae*. 234: 227-235. DOI:10.1016/j.scienta.2018.02.052.
- Meena, M., P. Swapnil, K. Divyanshu, S. Kumar, Harish, Y. N. Tripathi, A. Zehra, A. Marwal, & R. S. Upadhyay. 2020. Review: pgpr-mediated induction of systemic resistance and physiochemical alterations in plants against the pathogens: current perspectives. *Journal of Basic Microbiology*. 1-34. DOI: 10.1002/jobm.202000370.
- Mudi, L., & Rusmini. 2022. Eksplorasi Rhizobakteri Indigenos dari Rizosfer Tanaman Kelapa Sawit (*Elais guinensis* Jack.) dan Uji Potensinya dalam Meningkatkan Vigor Benih. Laporan Akhir Penelitian.
- Munarti, A. Wulan, & A. Utami. 2018. Exploration and identification of arbuscular mycorrhizal fungi from the rhizosphere of chili plants (*Capsicum annuum* L.) in Bogor. *Journal of Science Innovare*. 1(2): 50-53.
- Pan, X., J. Zhang, Z. Xue, J. Liang, Y. Chen, & Y. Liu. 2022. Synergistic effect of phytohormone-producing ectomycorrhizal fungus *Suillus luteus* and fertilizer GGR6 on *Pinus massoniana* growth. *Journal of Plant Interactions*. 17(1): 643-655. DOI: 10.1080/17429145.2022.2081369.

- Pérez-de-Luque, A., S. Tille, I. Johnson, D. Pascual-Pardo, J. Ton, & D. D. Cameron. 2017. The interactive effects of arbuscular mycorrhiza and plant growth-promoting rhizobacteria synergistically enhance host plant defences against pathogens. *Sci Rep.* 7: 16409. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-16697-4>.
- Pons, S., S. Fournier, C. Chervin, G. Bécard, & S. Rochange. 2020. Phytohormone production by the arbuscular mycorrhizal fungus *Rhizophagus irregularis*. *PLOS ONE* 15(10): e0240886. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0240886>.
- Poštić, D., R. Štrbanović, A. Stanojković-Sebić, M. Tabaković, M. Milivojević, S. Jovanović, & R. Stanisavljević, 2019. Increasing the pepper seed quality using mycorrhiza fungi. *Journal on Processing and Energy in Agriculture*. 23(2): 66-68.
- Raklami, A., N. Bechtaoui, A. Tahiri, A. Slimani, A. Bargaz, A. Meddich, & K. Oufdou. 2021. Co-inoculation with rhizobacteria and mycorrhizae can improve wheat/faba bean intercrop performance under field conditions. *Front. Agron.* 3:734923. doi: 10.3389/fagro.2021.734923.
- Raklami, A., N. Bechtaoui, A. Tahiri, M. Anli, A. Meddich, & K. Oufdou. 2019. Use of rhizobacteria and mycorrhizae consortium in the open field as a strategy for improving crop nutrition, productivity, and soil fertility. *Front. Microbiol.* 10:1106. doi: 10.3389/fmicb.2019.01106.
- Sadjad, S., Murniati, E. & S. Ilyas. 1999. *Parameter Pengujian Vigor Benih dari Komparatif ke Simulatif* (p.185). Grasindo. Jakarta.
- Sari, H. P., W. Warnita, & I. Dwipa. 2019. Pemberian rizobakteri dan coumarin pada pertumbuhan dan pembentukan umbi tanaman kentang (*Solanum tuberosum* L.). *J. Agron. Indonesia*. 47(2): 188-195.
- Shaikh, S. S., S. J. Wani, and R. Z. Sayyed. 2018. Impact of interactions between rhizosphere and rhizobacteria: a review. *J. Bacteriol Mycol.* 5(1): 1058.
- Singh, N., and D. Singh. 2020. Effect of plant growth promoting bacteria on seed germination, seedling vigor, and growth *Lagenaria siceraria* (Molina) Standl. *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci.* (2020) 9(8): 1161-1168. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2020.908.128>.
- Singh, T. B., V. Sahai, D. Goyal, M. Prasad, A. Yadav, P. Shrivastav, A. Ali, & P. K. Dantu. 2020. Identification, characterization, and evaluation of multifaceted traits of plant growth promoting rhizobacteria from soil for sustainable approach to agriculture. *Current Microbiology*. <https://doi.org/10.1007/s00284-020-02165-2>.
- Sudewi, S., B. Patandjengi, A. R. Saleh, A. Yani, & R. Ratnawati. 2021. Eksplorasi rizobakteri penghasil giberelin dari padi lokal aromatik, Sulawesi Tengah. Prosiding Seminar Nasional Politeknik Pertanian Negeri Pangkajene Kepulauan, 310-316. Retrieved from <https://ojs.polipangkep.ac.id/index.php/proppnp/article/view/149>.
- Sutariati, G. A. K., N. M. Rahni, L. Mudi, Nurlina, Hamriani, D. N. Yusuf, Muhidin, & Zahrma. 2020. Isolation and screening test of indigenous endophytic bacteria from areca nut rhizosphere as plant growth promoting bacteria. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 454(1): 012187 (2020).
- Sutariati, G.A.K., Muhidin, N.M. Rahni, L. Mudi, R.R. Maharani, & G.N.A. Wibawa. 2021. The effectiveness of endo-rhizo bacteria isolated from areca nut rizosphere (*Areca cathecu* L.) in breaking dormancy and improvement of seed vigor. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 807 042039.

- Sutariati, G. A. K., A. Khaeruni, Muhidin, A. Madiki, T. C. Rakian, L. Mudi, & N. Fadillah. 2019. Seed biopriming with indigenous endophytic bacteria isolated from Wakatobi rocky soil to promote the growth of onion (*Allium ascalonicum* L.). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 260. Doi:10.1088/1755-1315/260/1/012144.
- Tang, A., A. O. Haruna, N. M. A. Majid, & M. B. Jalloh. 2020. Potential pgpr properties of cellulolytic, nitrogen-fixing, phosphate-solubilizing bacteria in rehabilitated tropical forest soil. *Microorganisms*. 8: 442. doi:10.3390/microorganisms8030442.
- Widowati, T., T. K. Dewi, S. J. R. Lekatompessy, & S. Antonius. 2020. Pengaruh pupuk hayati berbasis jamur mikoriza arbuskular dan rhizobakteri pemacu pertumbuhan tanaman terhadap pertumbuhan bibit kakao (*Theobroma cocoa* L.). *Jurnal Agro Industri Perkebunan*. 8(1): 33. DOI:10.25181/jaip.v8i1.1371.
- Yanti, Y., Warnita, Reflin, & H. Hamid. 2018. Short Communication: development of selected pgpr consortium to control *Ralstonia syzygii* subsp. Indonesiensis and promote the growth of tomato. *Biodiversitas*. 19(6): 2073-2078. DOI: 10.13057/biodiv/d190612.
- Zhang, T., Y. Hub, K. Zhang, C. Tian, & J. Gu. 2018. Arbuscular mycorrhizal fungi improve plant growth of *Ricinus communis* by altering photosynthetic properties and increasing pigments under drought and salt stress. *Eng. Crop. Prod.* 117: 13–19. doi:10.1016/j.indcrop.2018.02.087.