

**RESPON PERTUMBUHAN VEGETATIF SEMAIAN AKIBAT APLIKASI MIKROBA
POTENSIAL PADA RAHABILITASI POHON KAKAO TANPA PNEBANGAN**

**VEGETATIF GROWTH RESPONSE OF SEEDLINGS DUE TO POTENTIAL MICROBIAL
APPLICATIONS ON REHABILITATION COCOA TREES WITHOUT LOGGING**

Marliana S.Palad^{1*}, Aminah²

¹ Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Cokroaminoto Makassar
Jl. Perintis Kemerdekaan No.7, Tamalanrea, Kec. Tamalanrea, Kota Makassar, Sulawesi
Selatan 90245

² Fakultas Pertanian, Universitas Muslim Indonesia
Jl. Urip Sumoharjo No.5, Panaikang, Kec. Panakkukang, Kota Makassar, Sulawesi Selatan
90231

*Korespondensi: lallypalad@yahoo.co.id

Diterima : 23 Juli 2020 / Disetujui : 20 Desember 2020

ABSTRAK

Usaha yang dapat dilakukan untuk mengatasi penurunan produksi pohon kakao tua dan rusak adalah penerapan *inarching grafting* atau penyambungan tanaman kakao muda unggul berumur minimal 6 bulan yang ditanam di sekitar pohon tua. Tujuan penelitian ini adalah mengkaji pengaruh aplikasi *Trichoderma asperellum* dan *Azotobacter chroococcum* terhadap pertumbuhan vegetatif semai kakao yang akan disambungkan ke pohon kakao tua menggunakan metode *inarching grafting*. Penelitian ini menggunakan Rancangan Petak Terbagi dengan tiga ulangan. Petak Utama yaitu aplikasi *T.asperellum* sebanyak 4 g L⁻¹ setiap tanaman, dengan empat taraf: tanpa *T.asperellum* (T₀), satu kali (T₁), dua kali (T₂), dan tiga kali (T₃) aplikasi. Anak Petak adalah inokulasi *A.chroococcum* sebanyak 40 ml x 10⁸ cfu setiap tanaman, dengan 3 taraf: tanpa *A.chroococcum* (A₀), satu kali (A₁) dan dua kali (A₂) aplikasi. Hasil analisis menunjukkan tidak terdapat interaksi antara aplikasi *T.asperellum* dengan *A.chroococcum*, tetapi terdapat pengaruh tunggal dari kedua mikroba potensial yang diaplikasikan. Pada umur semai 90 hst, aplikasi dua kali *A.chroococcum* menghasilkan rata-rata tinggi tanaman 155,25 cm, total daun 41 helai dan diameter batang 13,10 mm. Pemberian tiga kali *T.asperellum* menghasilkan rata-rata tinggi tanaman 150,89 cm, total daun 41,22 helai dan diameter batang 12,86 mm. Semai yang diberi mikroba potensial digunakan untuk rehabilitasi pohon kakao tua.

Kata Kunci : *Azotobacter chroococcum*, *inarching grafting*, rehabilitasi kakao, *Trichoderma asperellum*

ABSTRACT

An efforts that can be done to overcome the decline in production of old and damaged cocoa trees are the application of *inarching grafting* or grafting of superior young cocoa plants with a minimum age of 6 months planted around old trees. The purpose of this study was to examine the effect of the application of *Trichoderma asperellum* and *Azotobacter chroococcum* on the vegetative growth of cocoa seedlings which was grafted to old cocoa trees using the *inarching*

grafting method. The research used a Split Plot Design with three replications. The main plot was application of *T.asperellum* of 4 g L⁻¹ for each seedling and cocoa tree, consisted of four levels. i.e: without *T.asperellum* (T₀), one time application (T₁), two times application (T₂), and three times application (T₃). The subplot factor was *A.chroococcum* as much as 40 ml x 10⁸ cfu on each seedling and cocoa tree, consisted of three levels, i.e.: without *A. chroococcum* (A₀), one time application (A₁) and two times application (A₂). The analysis of variance results showed that no interaction between applications of *T.asperellum* with *A.chroococcum*, but it had a singular effect for both potential microbial applied. At 90 days after planting, the application of *A.chroococcum* twice resulted in an average plant height of 155.25 cm, a total of 41 leaves and a stem diameter of 13.10 mm. Application of *T.asperellum* three times resulted in an average plant height of 150.89 cm, the number of leaves 41.22 sheets and a stem diameter of 12.86 mm. The seedlings that inoculated with potential microbes can be used for rehabilitation of old cacao trees.

Keywords : *Azotobacter chroococcum*, inarching grafting, cocoa rehabilitation, *Trichoderma asperellum*

PENDAHULUAN

Sambung samping (*side grafting*) merupakan introduksi teknologi budidaya yang cepat meluas di kalangan petani dan pada awalnya memberikan harapan yang cukup cerah dalam upaya perbaikan produktivitas tanaman kakao (Lomban & Baroleh, 2017). Akan tetapi, setelah tanaman yang disambung samping telah berproduksi secara memuaskan beberapa kali panen, selanjutnya tanaman mengalami penurunan produksi dan produktivitas. Hal ini kemungkinan diakibatkan oleh ketidakseimbangan kemampuan bagian tajuk tanaman berproduksi, dengan kondisi sistem perakaran tanaman yang mensuplai kebutuhan hara dan air dari akar dengan kondisi perakaran yang sudah tua.

Usaha yang dapat dilakukan untuk memperbaiki sistem perakaran pohon kakao hasil sambung samping adalah dengan teknik penyambungan sistem susuan (*Inarching grafting*), dengan memanfaatkan bibit kakao yang telah berumur minimal enam bulan, sehingga akar tanaman dapat direhabilitasi dan diharapkan produktivitas kakao dapat ditingkatkan. Keberhasilan usaha ini adalah terutama jika bibit kakao yang akan di

sambung dapat tumbuh dengan baik. Bibit kakao yang ditanam di bawah tegakan kakao tua produktif hasil sambung samping akan mengalami persaingan dalam memanfaatkan air dan hara untuk pertumbuhan vegetatifnya. Akibatnya jika tidak dilakukan penanganan dengan pemberian nutrisi tanaman yang cukup berupa pupuk organik dan mikroba tanah yang akan merombak pupuk organik menjadi hara tersedia bagi anakan kakao, akan menyebabkan terhambatnya pertumbuhan hingga kematian bibit kakao.

Salah satu mikroorganisme potensial adalah *Trichoderma sp.* Spesies *Trichoderma* disamping sebagai organisme pengurai (Sheila *et al.*, 2011), dapat pula berfungsi sebagai agen hayati (Saba *et al.*, 2012) dan stimulator pertumbuhan tanaman; (Prashar & Vandenberg, 2017). Misalnya *Trichoderma harzianum* memberikan respons yang sama dengan auksin dalam meningkatkan perpanjangan akar tanaman kakao (Erida *et al.*, 2012).

Hasil penelitian sebelumnya menyatakan bahwa pemberian *Trichoderma asperellum* dengan dosis 4 g L⁻¹ pada setiap semaian kakao, mampu membantu mengatasi persaingan dalam pemanfaatan unsur hara

dan air serta faktor penghambat pertumbuhan lainnya, dan berpengaruh terhadap pertumbuhan vegetatif semaian kakao yang ditanam di sekitar pohon kakao tua (Palad *et al.*, 2016).

Kelompok mikroba lainnya yang juga mendapat perhatian dan banyak digunakan pada sistem budidaya tanaman adalah *Azotobacter chroococcum*. *Azotobacter* adalah spesies rizobakteri yang telah dikenal sebagai agen biologis pengikat nitrogen atau lebih dikenal sebagai *nitrogen-fixing bacteria* (NFB) (El-serafy & El-sheshtawy, 2020). Rizobakteri ini berperan sebagai agen peningkat pertumbuhan tanaman melalui produksi fitohormon (auksin, sitokinin dan gibberilin) yang merupakan zat utama yang dapat meningkatkan dan mengendalikan pertumbuhan tanaman (Wani *et al.*, 2013); (Srinivasarao & Manjunath, 2017); (Sodiq *et al.*, 2019).

Hasil penelitian yang dilakukan oleh (Velmourougane & Prasanna, 2017) menyatakan bahwa interaksi *Trichoderma viride* dan *Azotobacter chroococcum* pada buncis menghasilkan peningkatan 30-45% volume akar, protein akar, rasio pucuk akar, eksudasi asam suksinat dan fumarat, nutrisi tanah yang tersedia, serta terjadinya peningkatan dua kali lipat aktivitas enzim tanaman dibandingkan dengan pemberian pupuk NPK sesuai anjuran yang direkomendasikan. Penelitian lainnya mengatakan bahwa inokulasi bakteri *A.chroococcum* dan jamur *T.harzianum* memiliki keunggulan pada semua parameter pertumbuhan dan hasil gandum, dan mencapai rata-rata konsentrasi N dan P yang lebih tinggi yaitu 3,00% N tanaman⁻¹ dan 0,39% P tanaman⁻¹ (Hasan, 2019).

Berdasarkan hal tersebut di atas, maka inokulasi *T.asperellum* dan *A.chroococcum* pada rizosfer tanaman kakao hasil sambung-

samping yang akan direhabilitasi dengan metode *inarching grafting* perlu dikaji dan diteliti dalam pengaruhnya terhadap pertumbuhan vegetatif semaian sebagai batang bawah setelah pemberian mikroba potensial yang diaplikasikan pada penelitian ini. Penelitian ini juga dilakukan karena berdasarkan penelusuran literatur, belum ada hasil penelitian yang menggunakan mikroba *T.asperellum* dan *A.chroococcum* yang digunakan pada tanaman kakao secara bersamaan.

Penelitian ini bertujuan untuk melihat pengaruh inokulasi *T.asperellum* dan *A.chroococcum* pada prosentase tumbuh serta proses pertumbuhan anakan kakao yang ditanam di bawah pohon kakao tua sebagai bahan batang bawah pada rehabilitasi pohon kakao tua tanpa penebangan.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di kebun kakao yang terletak di desa gantarangeke kabupaten bantaeng, provinsi Sulawesi Selatan dimulai bulan Maret sampai November 2019. Bibit kakao umur enam bulan ditanam di bawah tegakan pohon kakao yang telah berumur sekitar 20 tahun, dengan jarak tanam 4 x 4 m. Lubang tanam dibuat dengan ukuran 60 x 60 x 60 cm sebanyak tiga lubang dan berjarak 20 cm dari pohon kakao tua.

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan rancangan petak terpisah (split plot design), dengan dua faktor dan tiga ulangan, dengan perlakuan sebagai petak utama adalah inokulasi *Trichoderma asperellum* yang terdiri dari empat taraf yaitu tanpa *T.asperellum* (T₀), inokulasi *T.asperellum* satu kali aplikasi (T₁), dua kali aplikasi (T₂) dan tiga kali aplikasi (T₃) masing-

masing sebanyak 4 g L⁻¹ air pada setiap semaian dan pohon kakao. Aplikasi pertama diberikan pada saat pemberian pupuk kompos (terbuat dari kulit buah kakao, batang tanaman pisang dan daun gamal) pada setiap lubang tanam. aplikasi kedua pada saat penanaman semaian kakao, yaitu 15 hari setelah aplikasi pertama dan aplikasi ketiga berselang seminggu kemudian.

Sebagai anak petak adalah inokulasi *Azotobacter chroococcum* dengan kepadatan sel 10⁸ cfu mL⁻¹, yang terdiri dari tiga taraf yaitu tanpa *A.chroococcum* (A₀), inokulasi *A.chroococcum* satu kali aplikasi (A₁) dan dua kali aplikasi (A₂), masing-masing sebanyak 40 ml pada setiap semaian dan pohon kakao. Aplikasi pertama dilakukan pada minggu ke tiga setelah tanam di sekitar 10 cm dari pohon pada kedalaman sekitar 5 cm pada dua titik bersebelahan, dan aplikasi kedua dilakukan satu bulan berikutnya. Setiap perlakuan menggunakan dua pohon sehingga terdapat 72 pohon percobaan dan setiap pohon percobaan disambung dengan tiga bibit kakao. Parameter pertumbuhan yang diamati adalah: tinggi, jumlah daun dan diameter batang anakan pada umur 60 dan 90 hari setelah tanam (HST).

Data hasil pengamatan parameter pertumbuhan dianalisis menggunakan analisis varians pada taraf nyata $\alpha=5\%$. Apabila hasil analisis varians menunjukkan pengaruh secara tunggal maupun pengaruh interaksi, dilakukan uji lanjutan menggunakan uji jarak berganda Duncan pada taraf 5%.

Bahan yang digunakan adalah tanaman kakao klon sulawesi 1 (S1) dan sulawesi 2 (S2) berumur kurang lebih 20 tahun, bibit kakao asal dari biji umur enam bulan, *T.asperellum*, *A.chroococcum* (diperoleh dari laboratorium mikrobiologi Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin), dan pupuk kompos.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis varians (Tabel 1) menunjukkan tidak terdapat interaksi antara aplikasi *T.asperellum* terhadap *A.chroococcum*, tetapi berpengaruh secara tunggal kedua mikroba potensial yang diaplikasikan pada anakan kakao terhadap parameter pertumbuhan tanaman yang diamati.

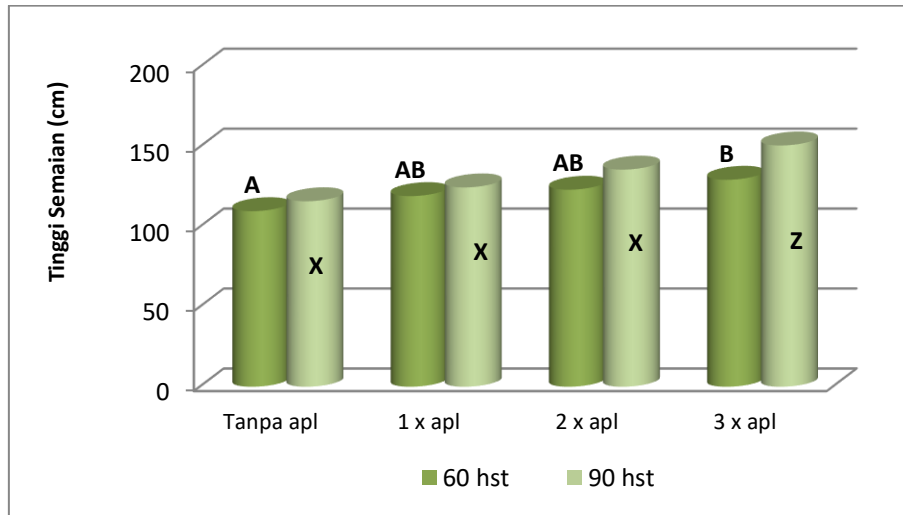
Tabel 1. Nilai probabilitas analisis varians Tinggi, Jumlah Daun dan Diameter Batang semaian Kakao pada Perlakuan Frekuensi Pemberian *T.asperellum* dan *A.chroococcum* di Bawah Tegakan Pohon Kakao umur 60 dan 90 hari setelah tanam (HST)

Perlakuan	Tinggi Tanaman		Jumlah Daun		Diameter Batang	
	60 hst	90 hst	60 hst	90 hst	60 hst	90 hst
Aplikasi <i>T.asperellum</i> (T)	6,51**	5,39*	23,55**	7,37*	0,62 ^{tn}	0,58 ^{tn}
Aplikasi <i>A.chroococcum</i> (A)	11,55**	21,20**	6,13*	5,79*	2,21 ^{tn}	10,49**
Interaksi (TxA)	1,03 ^{tn}	0,58 ^{tn}	1,06 ^{tn}	2,61 ^{tn}	0,79 ^{tn}	2,47 ^{tn}
KK PU (%)	2,18	3,25	2,34	3,40	10,56	3,35
KK AP (%)	4,64	8,31	11,03	12,89	18,40	13,16

Keterangan : * berpengaruh nyata p < 0,05; ** berpengaruh sangat nyata p < 0,01; ^{tn} tidak nyata p > 0,05

Aplikasi *T.asperellum* sebanyak tiga kali (T3) pada semaian 90 hst, menghasilkan tanaman dengan tinggi 150,89 cm yang berbeda nyata dengan tanaman dengan perlakuan lainnya (T2, T1 dan T0). Tinggi tanaman yang terendah di hasilkan pada

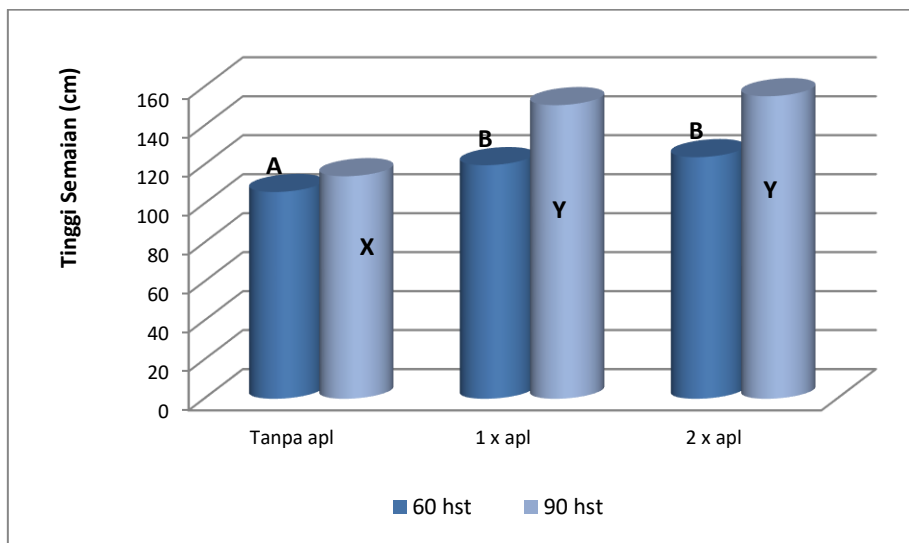
tanaman dengan perlakuan tanpa *T.asperellum* (T0) yaitu 116 cm (Gambar 1), dan jika dibandingkan dengan tanaman dengan perlakuan tiga kali aplikasi (T3), maka terjadi peningkatan tinggi tanaman sebesar 29%.



Gambar 1. Pengaruh *T.asperellum* terhadap Tinggi semaian Kakao

Pada Gambar 2 menunjukkan bahwa aplikasi *A.chroococcum* sebanyak dua kali (A_2) menghasilkan tanaman dengan tinggi 155,25 cm pada umur 90 hst, sehingga memberikan respon rata-rata pertambahan tinggi tanaman sekitar 31,28 cm lebih tinggi per tiga bulan

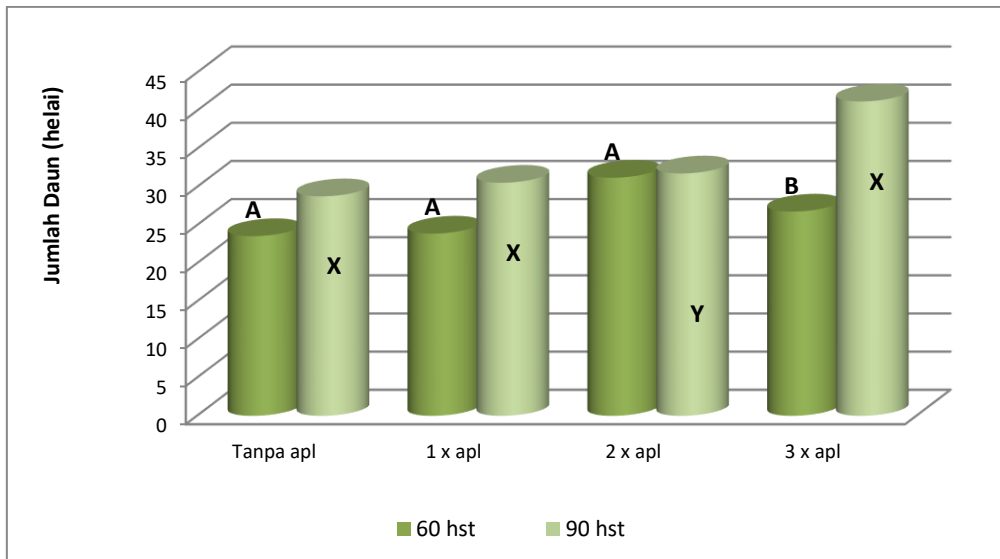
dibandingkan tanaman yang diberi *A.chroococcum* sebanyak satu kali (A_1) dengan tinggi tanaman 150,67 yang hanya memberikan respon pertambahan tinggi sekitar 30,8 cm jika dibandingkan dengan semaian tanpa pemberian *A.chroococcum* (A_0).



Gambar 2. Pengaruh *A.chroococcum* terhadap Tinggi Semaian Kakao

Pada Gambar 3 menunjukkan bahwa pada pengamatan umur semaian 90 hst, aplikasi *T.asperellum* sebanyak tiga kali (T_3) menghasilkan jumlah daun tanaman lebih banyak yaitu 41,22 helai yang berbeda nyata dengan tanaman tanpa *T.asperellum*, dan tanaman yang diberi satu dan tiga kali aplikasi

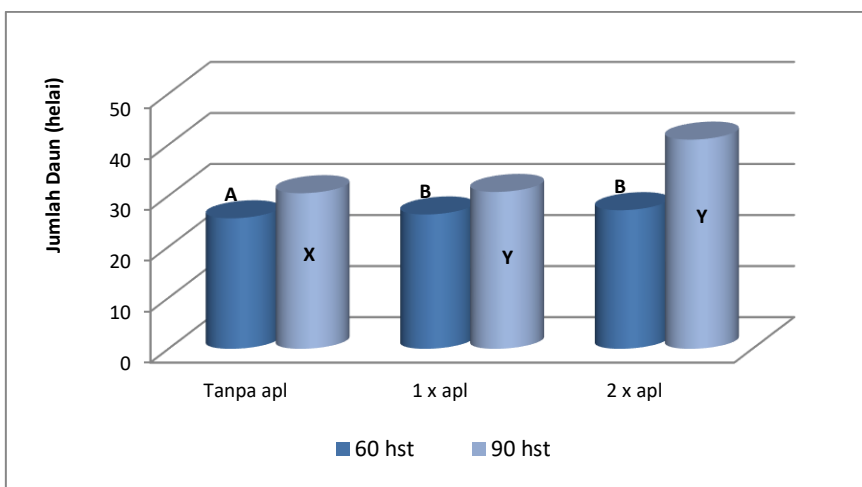
(T_0 , T_1 dan T_2). Jumlah daun tanaman yang terendah di hasilkan pada tanaman dengan perlakuan tanpa *T.asperellum* (T_0) yaitu 28,78 helai, dan jika dibandingkan dengan tanaman dengan perlakuan tiga kali aplikasi (T_3), maka terjadi peningkatan jumlah daun tanaman sebesar 30,18%.



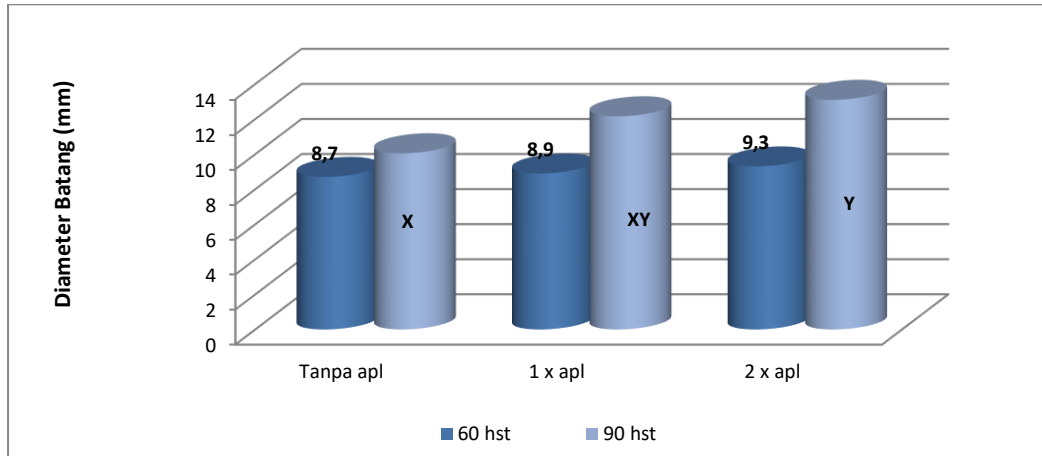
Gambar 3. Pengaruh *T.asperellum* terhadap Jumlah Daun semaian kakao

Aplikasi *A.chroococcum* sebanyak dua kali (A_2) menghasilkan jumlah daun tanaman lebih banyak yaitu 41 helai, yang berbeda sangat nyata dengan tanaman yang tidak diberikan *A.chroococcum* (A_0), dan yang diberi *A.chroococcum* sebanyak satu kali (A_1). Tanpa

aplikasi *A.chroococcum* menghasilkan jumlah daun tanaman yang terendah yaitu 30,50 helai dan jika dibandingkan dengan tanaman dengan perlakuan A_2 , maka terjadi peningkatan jumlah daun pada tanaman kakao sebesar 25,60% (Gambar 4).



Gambar 4. Pengaruh *A.chroococcum* Terhadap Jumlah Daun Semaian Kakao



Gambar 5. Pengaruh *A.chroococcum* terhadap Diameter Batang Semaian Kakao

Pada Gambar 5 menunjukkan bahwa aplikasi *A.chroococcum* sebanyak dua kali (A_2) pada tanaman kakao umur 90 HST menghasilkan diameter batang tanaman lebih besar yaitu 12,16 mm, yang berbeda nyata dengan tanaman yang tidak diberikan *A.chroococcum* (A_0), tetapi berpengaruh tidak nyata terhadap tanaman yang diberi *A.chroococcum* sebanyak satu kali (A_1). Tanpa aplikasi *A.chroococcum* menghasilkan diameter batang tanaman yang terendah yaitu 10,05 mm dan jika dibandingkan dengan tanaman dengan perlakuan dua kali aplikasi (A_2), maka terjadi peningkatan diameter batang pada tanaman kakao sebesar 20%.

Perkembangan tinggi tanaman sangat diperlukan agar tanaman kakao mencapai cabang terendah dari pohon induk yang akan disambung dengan cara disisipkan. Selain itu, *T.asperellum* mampu meningkatkan pertumbuhan dan perkembangan tanaman terutama terhadap pertumbuhan akar yang lebih banyak serta lebih kuat. Hal ini disebabkan karena selain hidup di permukaan akar, koloninya dapat masuk ke lapisan epidermis akar bahkan lebih dalam lagi yang kemudian menghasilkan atau melepaskan berbagai zat yang dapat merangsang pembentukan sistem pertahanan tubuh di dalam tanaman sehingga jelas bahwa cendawan ini tidak bersifat patogen atau

parasit bagi tanaman inangnya (Akanksha Singh *et al*, 2014). Menurut Pratap *et al*. (2019), *Trichoderma* juga dapat meningkatkan kadar asam asetat indole (IAA) dan asam Giberelat (GA), yang berperan dalam keberlangsungan pertumbuhan tanaman dan ketahanan tanaman terhadap pengendalian penyakit dan kondisi lingkungan yang merugikan (Hermosa *et al*., 2012).

Trichoderma asperellum bermanfaat sebagai organisme pengurai, membantu proses dekomposer sisa-sisa tanaman misalnya dedaunan dan kulit buah kakao menjadi kompos. Penambahan mikroorganisme ke dalam tanah bertujuan untuk mempercepat proses penguraian bahan organik tersebut. Pengomposan secara alami akan memakan waktu 2-3 bulan akan tetapi jika menggunakan *Trichoderma sp.* sebagai dekomposer memakan waktu 14 hingga 21 hari. Berdasarkan hasil penelitian (Baroroh & Setyono, 2015) kandungan unsur hara kompos daun secara umum adalah: 11% N, 8% P_2O_5 , 6% K_2O ditambah dengan unsur-unsur mikro Fe, Mn, B, Cu, Zn, Co, Mo, gelatin, zat penyangga, zat pembasah, vitamin dan hormon. Kompos kulit buah kakao kandungan unsur haranya cukup tinggi, khususnya hara Kalium dan Nitrogen, yaitu 1,81% N, 26,61% C-organik, 0,31% P_2O_5 , 6,08% K_2O , 1,22%

CaO, 1,37 % MgO, dan 44,85 cmol/kg KTK (Juradi *et al.*, 2019).

Aplikasi *A.chroococcum* berkorelasi positif secara linier terhadap tinggi, jumlah daun dan diameter tanaman seiring dengan peningkatan frekuensi pemberian *A.chroococcum* hingga dua kali dengan dosis 40 mL setiap tanaman. Perbaikan pertumbuhan vegetatif tanaman disebabkan karena peran inokulan *A.chroococcum* terhadap perbaikan kesuburan dan fisik tanah, perbaikan pertumbuhan akar tanaman akibat peningkatan kandungan hormon pertumbuhan khususnya sitokinin, gibberellin dan auksin. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian (Chennappa *et al.*, 2017) bahwa *A.chroococcum* berperan dalam memproduksi berbagai jenis vitamin, asam amino, hormon pertumbuhan tanaman, zat antijamur, hidrogen sianida, dan siderofor. Zat pemacu pertumbuhan seperti asam asetat indol, asam giberelat, yang diproduksi oleh spesies *Azotobacter* memiliki pengaruh langsung terhadap panjang tunas, panjang akar, dan perkecambahan biji pada tanaman (Kumaeasan *et al.*, 2019); (Sodiq *et al.*, 2019).

Berkaitan dengan kemampuan *A.chroococcum* dalam memperbaiki kesuburan dan fisik tanah, yaitu dengan menambat nitrogen dalam jumlah yang cukup tinggi, dengan cara mengkonversi dinitrogen (N_2) ke dalam bentuk amonia (NH_3) melalui reduksi elektron dan protonisasi gas dinitrogen dengan menggunakan enzim nitrogenase. Amonia yang selanjutnya akan bereaksi dengan asam α keto glutarat dengan ko enzim $NADPH_2$, membentuk asam glutamat yang akan membentuk senyawa nitrogen kemudian menyebar pada sel-sel sekitarnya untuk selanjutnya diangkut kebagian tanaman lainnya melauai akar tanaman (Nasaruddin; & Musa, 2012).

Sampai saat ini sejumlah penelitian telah membuktikan kemampuan rizobakteri *Azotobacter*, dalam memproduksi fitohormon terutama sitokinin dan meningkatkan pertumbuhan tanaman berhubungan dengan kapasitasnya dalam mensistesis faktor tumbuh (Abbass, 1993). Selanjutnya Taller & Wong (Taller & Wong, 1989) membuktikan adanya sitokinin dari jenis zeatin ribosida (ZR), Zeatin (Z), isopenteniladenosin (2iPR), isopenteniladenin (2iP), metiltiozeatin (MSZ) dan metiltioisopentenil-adenin (MS2iP) yang diekskresikan oleh *A. vinelandii*.

Akar tanaman merupakan organ vegetatif utama yang mensuplai air, nutrisi mineral dan bahan lain yang penting bagi pertumbuhan dan perkembangan organ vegetatif dan generatif tanaman. Tanaman kakao adalah tanaman yang memiliki sistem perakaran yang relatif dangkal (Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia, 2010), yaitu antara 0 – 30 cm dari permukaan tanah, sehingga sangat respon terhadap perlakuan bahan organik. Sistem perakaran kakao ini sangat menguntungkan bagi bakteri *Azotobacter* yang merupakan bakteri nitrogen aerob (diazotrof) heterotrofik yaitu mikroorganisme yang memperoleh energi dari reaksi redoks dengan menggunakan senyawa organik sebagai donor elektron di daerah rizosfer yang kaya oksigen (Campos *et al.*, 2020).

Dalam proses penambatan nitrogen, *A.chroococcum* dibantu oleh enzim nitrogenase yaitu enzim yang berperan dalam proses pengubahan N_2 atmosfer menjadi NH_3 . Namun enzim nitrogenase bersifat sensitive terhadap O_2 , yaitu akan rusak permanen jika terpapar oksigen molekuler (O_2) sehingga penambatan nitrogen hanya dapat berlangsung dalam keadaan anaerob (Milton *et al.*, 2017). Untuk melindungi enzim nitrogenase dari O_2 , *A.chroococcum*

mempercepat respirasi aerob sehingga kadar O₂ sitoplasma menjadi rendah, yang dapat membuat kondisi menjadi anaerob yang diperlukan dalam proses penambatan nitrogen (Giller, 2001).

Pengolahan lahan secara organik dengan memanfaatkan mikroba tanah merupakan cara pengelolaan lahan yang sangat kompleks dan berdampak jangka panjang dari sistem tanam, khususnya pada perkebunan kakao (Francioli *et al.*, 2016). Dengan demikian modifikasi rizosfer melalui aplikasi mikroorganisme *T. asperellum* dan *A. chroococcum* serta penambahan bahan organik kompos kulit buah kakao dapat memperbaiki pertumbuhan dan aktifitas akar dalam mendukung pertumbuhan dan perkembangan bagian atas tanaman.

SIMPULAN

1. Pemberian *T. asperellum* pada bibit kakao yang ditanam di bawah tegakan kakao tua dan masih produktif, mampu membantu mengatasi persaingan dalam pemanfaatan unsur hara dan air serta faktor penghambat pertumbuhan lainnya, dan berpengaruh terhadap pertumbuhan vegetatif bibit kakao.
2. Tidak terdapat interaksi antara aplikasi *T. asperellum* terhadap *A. chroococcum*, tetapi terdapat pengaruh tunggal dari kedua mikroba potensial yang diaplikasikan.
3. Aplikasi dua kali *A. chroococcum* menghasilkan rata-rata tinggi semai 155,25 cm, jumlah daun 41 helai dan diameter batang 13,10 mm pada umur 90 hst. Frekuensi pemberian tiga kali *T. asperellum* merupakan perlakuan yang terbaik yang menghasilkan rata-rata tinggi semai pada umur 90 hst

150,89 cm; jumlah daun 41,22 helai dan diameter batang 12,86 mm.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis ucapkan terimakasih kepada Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat, Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi RI, atas Hibah (No.T/140/E3/RA.00/2019) yang diberikan sehingga penelitian ini dapat terlaksana.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbass, Z. (1993). *Physiological properties of Azotobacter paspali in culture and the rhizosphere*. 25(8), 1061–1073.
- Akanksha Singh, Birinchi K.Sarma, Harikesh B.Singh & R.S.Upadhyay. (2014). Chapter 40 – Trichoderma: A Silent Worker of Plant Rhizosphere. In *Biotechnology and Biology of Trichoderma*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-59576-8.00040-0>
- Baroroh, A. U. L., & Setyono, P. (2015). Analisis kandungan unsur hara makro dalam kompos dari serasah daun bambu dan limbah padat pabrik gula (blotong). *Bioteknologi*, 12(November), 46–51. <https://doi.org/10.13057/biotek/c120203>
- Campos, D. T., Zuñiga, C., Passi, A., Del Toro, J., Tibocho-Bonilla, J. D., Zepeda, A., Betenbaugh, M. J., & Zengler, K. (2020). Modeling of nitrogen fixation and polymer production in the heterotrophic diazotroph *Azotobacter vinelandii* DJ: Genome-scale metabolic modeling of *Azotobacter vinelandii* DJ. *Metabolic Engineering Communications*, 11(January). <https://doi.org/10.1016/j.mec.2020.e>

00132

- Chennappa, G., Naik, M. K., Amaresh, Y. S., Nagaraja, H., & Sreenivasa, M. Y. (2017). A Potential Biofertilizer and Bioinoculants for Sustainable Agriculture. In D.G. Panpatte et al. (Ed.), *Microorganisms for Green Revolution* (pp. 87–106). Springer, Singapore.
- El-serafy, R. S., & El-sheshtawy, A. A. (2020). Scientia Horticulturae Effect of nitrogen fixing bacteria and moringa leaf extract on fruit yield, estragole content and total phenols of organic fennel. *Scientia Horticulturae*, 265(April 2019), 109209. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109209>
- Erida Nurahmi., Susanna., & Rina Sriwati. (2012). Pengaruh Trichoderma terhadap perkecambahan dan pertumbuhan bibit kakao, tomat, dan kedelai. *J. Floratek*, 7, 57–65.
- Francioli, D., Schulz, E., Lentendu, G., Wubet, T., Buscot, F., & Reitz, T. (2016). Mineral vs. organic amendments: Microbial community structure, activity and abundance of agriculturally relevant microbes are driven by long-term fertilization strategies. *Frontiers in Microbiology*, 7(SEP), 1–16. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.01446>
- Giller, K. E. (2001). *Nitrogen Fixation in Tropical Cropping Systems* (2nd ed.). CABI Publishing. <https://books.google.co.id/books?id=Oeg5jf8MlIEC&printsec=frontcover&hl=id#v=onepage&q&f=false>
- Hasan, K. U. (2019). *Effect of the biofertilizer (Azotobacter chroococcum & Trichoderma harzianum) and levels of phosphate rock and yield of wheat (Triticum aestivum L.)*. 19(2), 4264–4268.
- Hermosa, R., Viterbo, A., Chet, I., Monte, E., & Monte, E. (2012). *Mini-Review Plant-beneficial effects of Trichoderma and of its genes*. 158, 17–25. <https://doi.org/10.1099/mic.0.052274-0>
- Juradi, M. A., Tando, E., & Suwitra, K. (2019). Inovasi teknologi pemanfaatan limbah buah kakao (*Theobroma cacao* L.) sebagai pupuk organik. *Agroradix*, 2(2), 9–17.
- Kumaeasan, G., Karthikeyan, B., & Shanthi, R. (2019). Effect of different formulations of Azotobacter bioinoculant on the growth and yield of maize. *Plant Archives*, 19(2), 3077–3081.
- Lomban, Y. J., & Baroleh, J. (2017). Sikap kelompok tani terhadap gerakan nasional kakao di Kabupaten Bolaang Mongondow Utara. *Agri-Sosio Ekonomi Unsrat*, 13, 209–218.
- Milton, R. D., Cai, R., Sahin, S., Abdellaoui, S., Alkotaini, B., Leech, D., & Minter, S. D. (2017). The in Vivo Potential-Regulated Protective Protein of Nitrogenase in *Azotobacter vinelandii* Supports Aerobic Bioelectrochemical Dinitrogen Reduction in Vitro. *Journal of the American Chemical Society*, 139(26), 9044–9052. <https://doi.org/10.1021/jacs.7b04893>
- Nasaruddin, & Musa, Y. (2012). *Nutrisi Tanaman*. Masagena Press.
- Palad, M. S., Ala, A., & Nasaruddin. (2016). Effectiveness *Trichoderma asperellum* on the Growth Cocoa Seeds under the Old Cocoa Trees. *Modern Applied Science*, 10(11), 176–180. <https://doi.org/10.5539/mas.v10n11p176>
- Prashar, P., & Vandenberg, A. (2017). Genotype-specific responses to the effects of commercial *Trichoderma* formulations in lentil (*Lens culinaris* ssp. *culinaris*) in the presence and absence of the oomycete pathogen

- Aphanomyces euteiches. *Biocontrol Science and Technology*, 3157(November), 1123–1144. <https://doi.org/10.1080/09583157.2017.1376035>
- Pratap, S., Pandey, S., Mishra, N., Prakash, V., Mahfooz, S., Bhattacharya, A., Kumari, M., & Chauhan, P. (2019). Plant Physiology and Biochemistry Supplementation of Trichoderma improves the alteration of nutrient allocation and transporter genes expression in rice under nutrient deficiencies. *Plant Physiology and Biochemistry*, 143(December 2018), 351–363. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2019.09.015>
- Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia. (2010). *Budidaya Kakao*. AgroMedia Pustaka. <https://agromedia.net/katalog/buku-pintar-budi-daya-kakao/>
- Saba, H., Vibhash, D., Manisha, M., Ks, P., Farhan, H., & Tauseef, A. (2012). Trichoderma – a promising plant growth stimulator and biocontrol agent. *Mycosphere*, 3(4), 524–531. <https://doi.org/10.5943/mycosphere/3/4/14>
- Sheila, A., Jane, A., & James, O. (2011). IMPROVED SEEDLING EMERGENCE AND GROWTH OF MAIZE AND BEANS BY Trichoderma harziunum. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 13, 65–71.
- Sodiq, A. H., Setiawati, M. R., Santosa, D. A., & Widayat, D. (2019). The potency of bio-organic fertilizer containing local microorganism of Cibodas village, Lembang-West Java. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 383(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/383/1/012001>
- Srinivasarao, C., & Manjunath, M. (2017). Potential of beneficial bacteria as eco-friendly options for chemical-free alternative agriculture. *Plant-Microbe Interactions in Agro-Ecological Perspectives*, 2, 473–493. https://doi.org/10.1007/978-981-10-6593-4_19
- Taller, B. J., & Wong, T. (1989). *Cytokinins in Azotobacter vinelandii Culture Medium*. 55(1), 266–267.
- Velmourougane, K., & Prasanna, R. (2017). Modulating rhizosphere colonisation , plant growth , soil nutrient availability and plant defense enzyme activity through Trichoderma viride - Azotobacter chroococcum biofilm inoculation in chickpea. *Plant Soil*.
- Wani, S. A., Chand, S., & Ali, T. (2013). Potential Use of Azotobacter chroococcum in Crop Production : An Overview. *Current Agriculture Research Journal*, 1(1), 35–38.