

Morfologi dan Anatomi Bibit Alpukat Sambungan pada Stadia tumbuh Entres dan Metode Sambung Pucuk

Morphology and Anatomy of Avocado Graft Seedling of Stages of Entres and Grafting Methods

Antonia Jessica Sherlyn Da Costa*, Ramdan Hidayat, Juli Santoso

Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran", Surabaya, East Java 60294, Indonesia

Received 12 October 2022; Accepted 14 November 2022; Published 31 December 2022

ABSTRACT

Avocado is a fruit crop that is commercial and potential to be widely cultivated. Market demand for avocado was increased so production of avocado seed must increase too by grafting. The problem of grafting is often found in the connection between scion and rootstock that showed like elephant foot phenomenon, so it was necessary to study the linkage process between scion and rootstock. This research leads up to an increased percentage of finished graft seedlings that were ready for planting in the field. This method used a factorial experiment consisting of 2 factors. The first factor was the stages of entres (flushing, endodormancy, and ecodormancy), and the second factor was the grafting method (cleft graft, wedge graft, and splice graft). The research design used Complete Randomized Design with 4 replications and ANOVA with BNJ 5% test. The results showed all observations parameters interacted. Stage ecodormancy in splice graft resulted of vascular tissue (xylem and phloem) between scion and rootstock recovered better than other combination treatments by producing the best-grafted avocado seedlings growth with an increased percentage of grafted seedling by 42.50%, an interval of flushing by 4.91 days, and increased frequency of flushing by 1.83 times compared to stage flushing in cleft graft.

Keywords: Dormancy; *Persea americana*; Propagation; Vascular; Vegetative

Cite this as (CSE Style): Da Costa AJS, Hidayat R, Santoso J. 2022. Morfologi dan Anatomi Bibit Alpukat Sambungan pada Stadia tumbuh Entres dan Metode Sambung Pucuk. *Agrotechnology Res J.* 6(2):127–133. <https://dx.doi.org/10.20961/agrotechresj.v6i2.66462>.

PENDAHULUAN

Alpukat (*Persea americana* Miller) adalah tanaman buah yang bergizi, bernilai komersial tinggi, serta berpotensi untuk dibudayakan secara luas. Kebutuhan pasar akan buah alpukat semakin meningkat sehingga perlu ada peningkatan produksi bibit alpukat yang cepat berbuah dan dalam jumlah besar. Pengembangan buah alpukat di Indonesia sangat berpeluang untuk masa depan, hal ini dapat diamati dari jumlah produksi dan potensi pasar yang terus berkembang mengikuti jaman (Ahmadi et al. 2021). Jumlah produksi buah alpukat di Indonesia tahun 2010-2011 terus meningkat dengan laju pertumbuhan produksi dari 224 ton hingga 275 ton (BPS 2011).

Perbanyakan tanaman secara generatif (biji) menghasilkan buah yang sangat lama dan buah yang dihasilkan tidak sama dengan buah tanaman induknya, sehingga perlu dilakukan perbanyakan secara vegetatif

dengan sambung pucuk (*grafting*) (Maulana et al. 2020). Perbanyakan vegetatif memiliki kelebihan dibandingkan dengan perbanyakan generatif di antaranya adalah masa juvenil lebih pendek atau cepat berbuah, dan sifat keturunan sama dengan induk (*true-to-type*) sehingga keunggulan sifat induk dapat dipertahankan (Zhang et al. 2019). Penelitian Pesireron (2010) menyatakan bahwa sambung pucuk merupakan metode yang sederhana dan tingkat keberhasilan lebih tinggi yaitu 30% dibandingkan dengan okulasi yang hanya 6% pada perbanyakan klonal tanaman kakao. Penelitian Limbongan dan Djufry (2013) menunjukkan bahwa sambung pucuk pada bibit kakao menghasilkan keberhasilan yang paling tinggi dibandingkan dengan metode perbanyakan vegetatif lainnya, seperti: stek, okulasi, maupun sambung samping, dan *Somatik Embriogenesis*. Penelitian Budi et al. (2016) tentang pertumbuhan bibit sambungan kopi dengan dua metode sambung pucuk yaitu sambung celah dan sambung diagonal, hasil terbaik terhadap pertumbuhan bibit kopi diperlihatkan oleh metode sambung diagonal.

Permasalahan bibit sambungan setelah tumbuh dan berkembang, seringkali dijumpai meskipun bibit sambungan sudah kompatibel dan tumbuh dewasa

*Corresponding Author:

E-Mail: antoniajessicasdc@gmail.com

hingga produktif, namun laju pertumbuhan selanjutnya melambat dan pada bagian bidang sambungan memperlihatkan seperti kaki gajah (Tedesco et al. 2020). Hal ini menunjukkan bahwa jaringan pembuluh (xilem dan floem) antara batang bawah dan batang atas telah tersambung, tetapi sambungannya tidak sempurna, sehingga perlu dikaji proses pertautan jaringan bidang sambungan antara batang atas dan batang bawahnya. Stadia tumbuh entres juga berpengaruh terhadap keberhasilan bibit alpukat sambungan, diantaranya adalah: stadia trubus (*flushing*) dan stadia dormansi. Menurut Rahayu et al. (2020) Stadia dormansi dipisahkan menjadi tiga fase, yaitu: *paradormancy*, *endodormancy*, dan *ecodormancy*. Keberhasilan penyambungan jambu mete dipengaruhi oleh ketersediaan entres dalam berbagai stadia tumbuh entres yang berbeda. Tujuan penelitian ini adalah suatu upaya meningkatkan persentase bibit sambungan jadi dan mempercepat pertumbuhan bibit sambungan yang siap ditanam di lapangan untuk memenuhi tingginya permintaan pasar akan ketersediaan bibit alpukat aligator.

BAHAN DAN METODE

Penelitian lapangan proses sambung pucuk bibit alpukat dilaksanakan di Kebun Bibit, Agro Utama Mandiri, Kab. Kediri. Ketinggian tempat 600 m dpl. Pelaksanaan pengamatan anatomis bidang sambungan di Laboratorium BioSains dan Teknologi Tumbuhan, Institut Teknologi Sepuluh November, pada Januari-Maret 2022. Bahan meliputi bibit alpukat lokal Kecamatan Ngadiluwih dari pembibitan secara generatif sebagai batang bawah dan entres dari pohon alpukat varietas aligator, plastik bening, plastik sungkup, polibag 10x15, media tanam, dan pupuk NPK Mutiara.

Percobaan ini merupakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) diulang 4 kali. Faktor 1 adalah perlakuan Stadia Tumbuh Entres: S₁= Entres Saat Stadia Trubus (entres umur 10 hari setelah trubus pertama), S₂= Entres Saat Stadia Endodormansi (entres umur 30 hari setelah trubus pertama), S₃= Entres Saat Stadia Ekodormansi (entres umur 50 hari setelah trubus pertama). Faktor 2 adalah Metode Sambung Pucuk: M₁= Sambung Celah, M₂= Sambung V, M₃= Sambung Diagonal.

Penelitian ini bersifat destruktif dan dilakukan secara bertahap, bermula dari kebun bibit kemudian pengamatan lanjutan ke laboratorium. Pelaksanaan di kebun bibit adalah tahapan sambung pucuk, meliputi: pemilihan batang atas (entres), persiapan batang bawah, penyambungan batang atas dan batang bawah, peyungkupan, peletakkan bibit pada saung paranet, dan pemeliharaan bibit sambungan. Ketika bibit sudah berumur 45 HSS (hari setelah sambung) akan dilanjutkan uji laboratorium untuk mengamati bagian bidang sambungan bibit alpukat dan dilakukan hal yang sama ketika bibit sambungan berumur 60 HSS (hari setelah sambung). Prosedur pengamatan mikroskopis, meliputi: penyiapan bahan atau objek pengamatan, pembuatan preparat, pengamatan mikroskop, dan foto

hasil pengamatan. Variabel pengamatan yang diamati yaitu persentase sambungan jadi (%), interval trubus (hari), frekuensi trubus (kali), dan pengamatan mikroskopis. Kriteria keberhasilan sambungan adalah bila batang atas telah keluar tunas dan pucuk daun baru.

$$\% \text{Sambungan Jadi} = \frac{\sum \text{bibit sambungan yang jadi}}{\sum \text{bibit yang disambung}} \times 100\%$$

Interval trubus dan frekuensi trubus diamati mulai hari ke berapa trubus pertama tumbuh dan seterusnya dan berapa kali trubus muncul selama masa pengamatan yaitu selama 60 HSS (hari setelah sambung). Analisis ragam yang digunakan yaitu Anova (*Analysis of Variance*) dan dilanjutkan uji BNJ 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Persentase sambungan jadi

Rata-rata persentase sambungan jadi bibit alpukat sambungan pada Tabel 1 menunjukkan perlakuan kombinasi stadia ekodormansi pada metode sambung diagonal meningkatkan sebesar 42.50% dibandingkan dengan perlakuan kombinasi stadia trubus pada metode sambung celah. Keberhasilan sambung pucuk dipengaruhi oleh batang bawah dan batang atas yang digunakan untuk penyambungan. Hasil penelitian Rahardjo et al. (2013) menyatakan bahwa ukuran diameter batang antara batang bawah dan batang atas cenderung meningkatkan keberhasilan penyambungan. Pertautan yang kompatibel atau cocok menjadikan xilem dan floem dapat bekerja secara maksimal. Sesuai pendapat Savitri dan Afrah (2019) bahwa ukuran batang bawah dengan batang atas yang tidak seukuran mengakibatkan pertautan posisi xilem dan floem menjadi tidak tepat sehingga hal tersebut menyebabkan kegagalan sambungan, oleh karena itu gangguan yang umum diamati pada tanaman hasil sambung pucuk adalah pertautan pada jaringan vaskuler dan persyaratan yang tidak selalu terpenuhi (Flaishman et al. 2008; Kawaguchi et al. 2008; Guan et al. 2012).

Bibit sambungan alpukat yang sudah jadi dan tersambung dengan sempurna akan tumbuh dan berkembang dengan baik, seperti yang diperlihatkan dengan adanya penambahan jumlah daun yang semakin memanjang. Penelitian (Arlianzky et al. 2022) antara batang bawah dan batang atas yang berlangsung sempurna dan berkualitas akan menghasilkan jumlah daun yang lebih banyak. Sempitnya luka sayatan pada bidang pertautan, juga mempengaruhi kompatibilitas antara batang atas dan batang bawah. Sel hidup yang terdapat di bawah sel nekrotik akan mengalami proses *hypertrophy* (pembelahan dan pembesaran sel melewati ukuran normal) kemudian disusul dengan proses *hyperplasia* atau pembelahan sel dalam jumlah banyak hingga membentuk jaringan penutup luka (kalus). Kekuatan penyembuhan bidang sambungan dipengaruhi oleh kerapatan antar komponen pada sambungan saat pembentukan kalus (Yanti et al. 2013).

Tabel 1. Pengaruh perlakuan kombinasi stadia tumbuh entres dan metode sambung pucuk terhadap persentase sambung jadi bibit alpukat sambungan

Perlakuan	Metode Sambung Pucuk (M) (%)		
	M ₁ (sambung celah)	M ₂ (sambung V)	M ₃ (sambung diagonal)
S ₁ (<i>flushing</i>)	30.00 a	35.00 a	32.50 a
S ₂ (endodormansi)	37.50 ab	47.50 c	50.00 c
S ₃ (ekodormansi)	45.00 bc	65.00 d	72.50 d
BNJ 5%	8.30		

Keterangan : Angka yang diikuti huruf sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji BNJ 5%

Interval trubus

Rata-rata interval trubus bibit alpukat sambungan pada Tabel 2 menunjukkan perlakuan kombinasi stadia ekodormansi pada metode sambung diagonal menghasilkan percepatan interval trubus sebesar 4.91 hari dibandingkan dengan perlakuan kombinasi stadia trubus pada metode sambung celah. Interval trubus yang cepat menandakan bahwa sambungan sudah terbentuk dan kompatibel, xilem dan floem pun telah bekerja. Semakin cepat hari pada interval trubus menandakan pertumbuhan yang lebih cepat dan baik, begitu pula interval trubus dengan hari yang lama menandakan bahwa penyembuhan luka dan pertautan berjalan lebih lambat (Noor et al. 2019).

Bibit sambungan tumbuh dengan baik ditandai dengan interval trubusnya yang terus bertambah selama masa pertumbuhan awal dan akan terus bertambah hingga tanaman dewasa, tetapi interval trubus saat tanaman masih muda (*juvenil*) jangka waktunya akan lebih cepat karena jaringan mersitemnya lebih aktif membelah daripada tanaman yang sudah dewasa. Kondisi ini mendorong peningkatan aktivitas meristematik sehingga meningkatnya aktivitas fisiologi yang berhubungan dengan proses pembelahan, pembesaran dan diferensiasi sel. Pertumbuhan tanaman terjadi akibat dari pembesaran sel-sel yang aktif membelah serta kemampuan sel tanaman untuk melakukan elongasi (Hartmann et al. 2014).

Frekuensi trubus

Rata-rata frekuensi trubus bibit alpukat sambungan pada Tabel 3 menunjukkan perlakuan kombinasi stadia ekodormansi pada metode sambung diagonal menghasilkan peningkatan frekuensi trubus sebesar 1,83 kali dibandingkan dengan perlakuan kombinasi stadia trubus pada metode sambung celah. Frekuensi trubus yang semakin banyak menandakan bahwa bibit alpukat mendapat suplai unsur hara yang cukup selama masa pertumbuhannya. Sejalan dengan hasil penelitian Widiatmoko dan Ashari (2018) menyatakan bahwa keberhasilan pertautan akan menghasilkan transportasi karena kecepatan tumbuh yang baik tersebut. Hal ini diharapkan agar bibit dapat tumbuh dan berkembang secara maksimal.

Jaringan vaskuler pada pertautan yang semakin membaik pula yang menyebabkan frekuensi trubus yang semakin banyak dan menandakan tanaman terpenuhi kebutuhannya. Frekuensi trubus semakin banyak

menandakan pertumbuhan bibit yang lebih cepat dan baik, sedangkan frekuensi trubus yang sedikit terjadi karena penyembuhan luka sambungan yang lebih lama sembuh atau pertumbuhan lebih terhambat (Toju et al. 2019). Bibit sambungan dinyatakan tumbuh dengan baik juga ditandai dengan frekuensi trubusnya terus bertambah selama masa pertumbuhan awal dan akan terus terjadi hingga dewasa, tetapi frekuensi saat tanaman masih muda (*juvenil*) jumlahnya akan lebih banyak karena jaringan mersitemnya aktif membelah daripada tanaman yang sudah dewasa.

Pengamatan mikroskopis

Pengamatan mikroskopis terhadap bidang sambungan antara batang bawah (BB) dengan batang atas (BA) bibit alpukat sambungan dilakukan saat bibit alpukat sambungan sudah mengalami pertumbuhan yang ditandai dengan bertambahnya interval trubus dan frekuensi trubus. Pengamatan mikroskopis dilakukan saat bibit alpukat sambungan umur 45 dan 60 HSS (hari setelah sambung). Tujuan dilakukan pengamatan mikroskopis untuk mengetahui proses pertautan bidang sambungan antara batang atas dan batang bawah bibit alpukat sambungan. Bidang sambungan yang memperlihatkan bekas luka sayat yang semakin samar dan semakin menyatu menandakan bahwa proses pertautan terjadi dengan baik dan luka sudah sembuh (Elsheery et al. 2020).

Pertautan bidang sambung (Gambar 1-A) oleh perlakuan kombinasi stadia ekodormansi pada metode sambung diagonal menunjukkan hasil metode sambung diagonal pada pengamatan mikroskopis hasil yang paling presisi dibanding dengan metode sambung celah dan metode sambung V karena hanya ada satu sayatan luka bidang sambung sepanjang 1,5 cm pada bagian batang atas dan batang bawah yang kemudian disambungkan. Selain itu batang atas yang digunakan pada perlakuan kombinasi ini adalah stadia tumbuh entres ekodormansi adalah masa dimana sel sedang beristirahat tetapi masih peka terhadap perubahan lingkungan dan apabila lingkungan (menguntungkan) maka entres akan mudah untuk tumbuh menjadi trubus baru. Hal ini yang menyebabkan translokasi air dan hara berjalan lancar sehingga pertumbuhan pada perlakuan ini berjalan cepat jika dibandingkan dengan perlakuan yang lainnya (Sharma et al. 2020).

Pertautan bidang sambung (Gambar 1-B) oleh perlakuan stadia trubus pada metode sambung celah

menunjukkan hasil metode sambung celah pada pengamatan mikroskopis memperlihatkan adanya kelemahan yaitu pada umur 45 HSS masih terdapat rongga pada bagian sambungan dan luka sambungan belum sepenuhnya sembuh. Hal ini disebabkan karena saat dilakukan penempelan antara batang bawah dan batang atasnya tidak presisi terdapat sedikit bagian yang tidak rata saat pelaksanaan penyambungan, dimana batang bawah diregangkan. Selain itu luka bidang sayat pada metode sambung celah lebih luas, yaitu pada dua sisi batang atas yang bentuknya meruncing (permukaan bidang yang luka mencapai sekitar 2 x 1,5 cm = 3 cm). Selain itu batang atas yang digunakan

adalah stadia trubus yang senyawa endogennya (metabolite) sudah habis ditranslokasikan ke pucuk tanaman. Selain karena sempitnya luka sayatan pada bidang sambung yang cepat sembuh bahwa ada keterlibatan auksin pada tahap awal pembentukan pertautan antara batang bawah dan batang atas serta ukuran pembuluh xilem secara signifikan mempengaruhi pertumbuhan tanaman (Yin et al. 2012; Yulianti et al. 2020). Gejala stres oksidatif yang dilaporkan oleh Aloni et al. (2008) hanya muncul pada tahap yang jauh lebih lambat dan mungkin mewakili respons yang terlambat terhadap ketidakseimbangan auksin.

Tabel 2. Pengaruh perlakuan kombinasi stadia tumbuh entres dan metode sambung pucuk terhadap interval trubus bibit alpukat sambungan

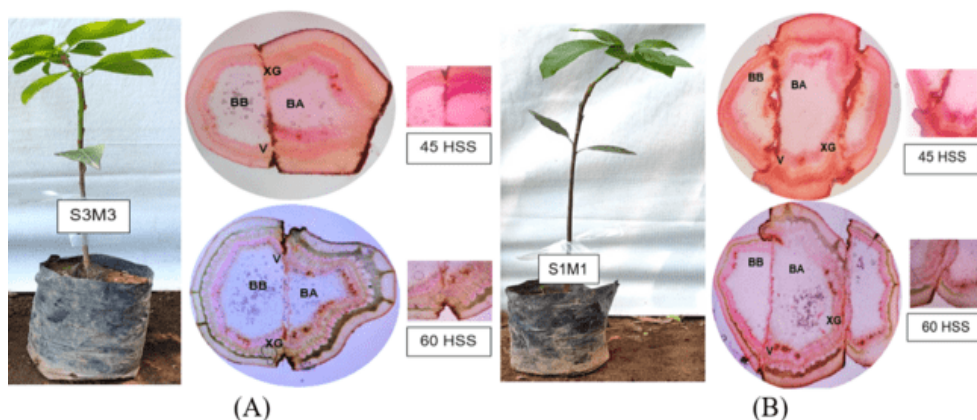
Perlakuan	Metode Sambung Pucuk (M) (hari)		
	M ₁ (sambung celah)	M ₂ (sambung V)	M ₃ (sambung diagonal)
Stadia Tumbuh Entres (S)			
S ₁ (<i>flushing</i>)	16.25 d	15.08 e	14.83 c
S ₂ (endodormansi)	14.34 c	13.00 bc	12.84 b
S ₃ (ekodormansi)	14.83 c	14.91 c	11.34 a
BNJ 5%	1.07		

Keterangan: Angka yang diikuti huruf sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji BNJ 5%

Tabel 3. Pengaruh Perlakuan Kombinasi Stadia Tumbuh Entres dan Metode Sambung Pucuk terhadap Frekuensi Trubus Bibit Alpukat Sambungan sampai dengan umur 56 HSS

Perlakuan	Metode Sambung Pucuk (M) (kali)		
	M ₁ (sambung celah)	M ₂ (sambung V)	M ₃ (sambung diagonal)
Stadia Tumbuh Entres (S)			
S ₁ (<i>flushing</i>)	2.92 a	3.00 ab	3.42 c
S ₂ (endodormansi)	3.25 bc	4.00 d	4.00 d
S ₃ (ekodormansi)	3.17 abc	3.25 bc	4.75 e
BNJ 5%	0.28		

Keterangan: Angka yang diikuti huruf sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji BNJ 5%



Gambar 1. Keragaan bibit alpukat dan gambar penampang melintang bidang sambungan secara mikroskopik umur 45 dan 60 HSS pada kombinasi perlakuan S3M3 (A) dan S1M1 (B)

Keterangan: BB= Batang Bawah; BA= Batang Atas; HSS= Hari Setelah Sambung; V= Vaskuler; XG= Xilem Gabungan

Handayani et al. (2013) menyatakan bahwa sambungan yang ditandai dengan bekas sayatan pada sambungan sudah tersamar dan xilem antara batang bawah dan batang atas bergabung membentuk xilem gabungan adalah pertautan yang sempurna, sedangkan pada batang sambungan yang masih nampak-nekrotik dan bekas sayatan menandakan belum terpaut sepenuhnya. Sejalan dengan Basri (2009) yang menyatakan pertautan jaringan sudah terlihat dengan berkurangnya bekas luka sayatan pada sambungan, kambium antara kedua batang yang disambungkan sudah menyatu sehingga dapat berpengaruh pada pengangkutan unsur hara dan nutrisi ke seluruh tubuh tanaman menjadi lancar. Perubahan yang disebabkan oleh luka dalam aliran normal auksin endogen, yang memainkan peran kunci dan bertanggung jawab dalam diferensiasi vaskuler (Caño-Delgado et al. 2010).

Tidak ada definisi yang tepat tentang kompatibilitas, umumnya berarti pembentukan sambungan yang sukses serta kelangsungan hidup yang lebih lama dan berfungsinya tanaman yang disambung dengan baik (Mudge et al. 2009). Awal masa pertumbuhan tanaman hasil sambung pucuk dapat memperlihatkan ketidakcocokan pada sambungan, sambung pucuk yang tidak kompatibel yang tertunda sulit dipahami namun kadang dapat terjadi, sebagaimana memperlihatkan kegagalan di masa awal setelah bertahun-tahun terlihat pertumbuhan normal (Loupit dan Cookson 2020; Rasool et al. 2020). Kompatibilitas pada bibit sambungan juga didukung dengan kriteria pemilihan bahan sambung saat penyambungan awal. Kriteria tanaman yang dipilih sebagai batang bawah antara lain kompatibel dengan batang atasnya, sehingga batang bawah dapat bertaut dan menopang pertumbuhan batang atasnya dan kondisi tanaman pada keadaan mempunyai cadangan makanan (energi) agar proses penyambungan berlangsung baik (Hartmann et al. 2014). Sejalan dengan Tambing et al. (2008) bahwa rendahnya keberhasilan bibit jadi yang diperoleh disebabkan karena faktor ketidakcocokan (inkompatibel) yang disebabkan penyambung kurang terampil dan ukuran diameter batang bawah dan entresnya tidak sama besar sehingga menyulitkan terjadinya pertautan. Dalam hal ini pertautan sambungan antara batang bawah dengan batang atas harus baik sehingga pertumbuhan batang tidak terhambat. Perbedaan usia batang bawah dan batang atas dan juvenilitas secara nyata mempengaruhi pola ekspresi *microRNA* (miRNA) dan perkembangan reproduksi mereka (Poethig 2009; Wang et al. 2011; Tzarfati et al. 2013). Berbeda dengan ketidakcocokan penyerbukan, di mana mekanisme spesifik telah diidentifikasi (de Franceschi et al. 2012). Namun, ketidakcocokan heterograf jelas meningkat dengan jarak genetik dan menunjukkan semacam penolakan fisiologis (Flaishman et al. 2008). Biasanya diperlukan beberapa bulan untuk menyelesaikan penyatuan fungsional dalam sambung pucuk pohon (Olmstead et al. 2006).

Inkompatibilitas sambung pucuk dapat didefinisikan sebagai kegagalan untuk membentuk pertautan yang berhasil. Namun, meskipun banyak tindak lanjut sambung pucuk pada berbagai jenis tanaman, penyebab ketidakcocokan masih belum jelas.

Penyembuhan awal pertautan tidak dengan sendirinya menjamin kompatibilitas jangka panjang (Shi et al. 2019). Pada *cucurbits*, keberhasilan pertautan ternyata terbukti tidak sesuai 25 hari setelah penyambungan. Dalam kombinasi batang atas tertentu ketidakcocokan mungkin muncul setelah beberapa tahun (Aloni et al. 2008). Meskipun inkompatibilitas bukanlah sifat kuantitatif yang dapat diukur, berbagai tingkat ketidakcocokan dapat dibedakan, dari gangguan ringan pada perkembangan normal tanaman hingga kematian batang bawah, batang atas atau keduanya (Gautier et al. 2021).

KESIMPULAN

Perlakuan kombinasi stadia ekodormansi pada metode sambung diagonal menghasilkan pertumbuhan bibit alpukat sambungan dengan kompatibilitas terbaik dengan pengamatan anatomis bidang sambungan bibit alpukat secara mikroskopis umur 45 dan 60 hari setelah tanam dengan pertautan jaringan vaskuler (xilem dan floem) yang lebih cepat dan baik dibandingkan perlakuan kombinasi lainnya serta menghasilkan peningkatan persentase sambungan jadi sebesar 42.50%, percepatan interval trubus sebesar 4.91 hari, dan peningkatan frekuensi trubus sebesar 1.83 kali dibandingkan dengan perlakuan kombinasi stadia trubus pada metode sambung celah.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmadi, Ridwan, Tinggogoy DD. 2021. Tingkat keberhasilan sambung pucuk alpukat (*Persea americana*) pada waktu penyambungan yang berbeda. Agropet. 18(2):34–40.
- Aloni B, Karni L, Deventurero G, Levin Z, Cohen R, Katzir N, Lotan-Pompan M, Edelstein M, Aktas H, Turhan E, et al. 2008. Physiological and biochemical changes at the rootstock-scion interface in graft combinations between Cucurbita rootstocks and a melon scion. J Hortic Sci Biotechnol. 83(6):777–783. <https://doi.org/10.1080/14620316.2008.11512460>.
- Arlianzy WC, Syam N, Aminah. 2022. The Effect of IBA concentration and shoot grafting method on the successful growth of seeds cocoa plant (*Theobroma cacao* L.). J AGrotekMAS. 3(2):136–144.
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2011. Statistik tanaman buah-buahan dan sayuran tahunan Indonesia. Jakarta (ID): Badan Pusat Statistik Indonesia.
- Basri Z. 2009. Kajian metode perbanyakan klonal pada tanaman kakao. Media Litbang Sulteng. 2(1):7–14.
- Budi PIS, Aziez AF, Dewi TSK. 2016. Pengaruh lama perendaman zat pada beberapa model sambung pucuk terhadap pertumbuhan bibit kopi (*Coffea* spp). Agrineca. 3(2):63–72.
- Caño-Delgado A, Lee J-Y, Demura T. 2010. Regulatory mechanisms for specification and patterning of plant vascular tissues. Annu Rev Cell Dev Biol. 26(1):605–637. <https://doi.org/10.1146/annurev-cellbio-100109-104107>.

- Elsheery NI, Helaly MN, Omar SA, John SVS, Zabochnicka-Swiątek M, Kalaji HM, Rastogi A. 2020. Physiological and molecular mechanisms of salinity tolerance in grafted cucumber. *South African J Bot.* 130:90 – 102. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2019.12.014>.
- Flaishman MA, Loginovsky K, Golobowich S, Lev-Yadun S. 2008. *Arabidopsis thaliana* as a Model System for Graft Union Development in Homografts and Heterografts. *J Plant Growth Regul.* 27(3):231–239. <https://doi.org/10.1007/s00344-008-9050-y>.
- De Franceschi P, Dondini L, Sanzol J. 2012. Molecular bases and evolutionary dynamics of self-incompatibility in the Pyrinae (Rosaceae). *J Exp Bot.* 63(11):4015–4032. <https://doi.org/10.1093/jxb/ers108>.
- Gautier AT, Merlin I, Dumas P, Cochetel N, Mollier A, Vivin P, Lauvergeat V, Péret B, Cookson SJ. 2021. Identifying roles of the scion and the rootstock in regulating plant development and functioning under different phosphorus supplies in grapevine. *Environ Exp Bot.* 185:104405. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2021.104405>.
- Guan W, Zhao X, Hassell R, Thies J. 2012. Defense mechanisms involved in disease resistance of grafted vegetables. *Hort Sci.* 47(2):164–170. <https://doi.org/10.21273/hortsci.47.2.164>.
- Handayani RS, Poerwanto R, Sobir, Purwito A, Ermayanti TM. 2013. Pengaruh batang bawah dan jenis tunas pada mikrografting manggis. *J Agron Indones.* 41(1):47–53.
- Hartmann HT, Kester DE, Davies FT, Geneve RL. 2014. *Hartmann & Kester's plant propagation: principles and practices.* 8th ed. Harlow (UK): Pearson Education Limited.
- Kawaguchi M, Taji A, Backhouse D, Oda M. 2008. Anatomy and physiology of graft incompatibility in solanaceous plants. *J Hortic Sci Biotechnol.* 83(5):581–588. <https://doi.org/10.1080/14620316.2008.11512427>.
- Limbongan J, Djufry F. 2013. Pengembangan teknologi sambung pucuk sebagai alternatif pilihan perbanyak bibit kakao. *J Litbang Pert.* 32(4):166–172.
- Loupit G, Cookson SJ. 2020. Identifying molecular markers of successful graft union formation and compatibility. *Front Plant Sci.* 11:610352. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.610352>.
- Maulana O, Rosmaiti, Muhammad S. 2020. Keberhasilan pertautan sambung pucuk beberapa varietas mangga (*Mangifera indica*) dengan panjang Entres yang berbeda. *J Agroteknologi dan Ilmu Pertan.* 5(1):12–22.
- Mudge K, Janick J, Scofield S, Goldschmidt EE. 2009. A History of grafting. In: Janick J, editor. *Horticultural Reviews.* Hoboken (USA): John Wiley & Sons, Inc. hal. 437–493.
- Noor RS, Wang Z, Umair M, Yaseen M, Ameen M, Rehman S-U, Khan MU, Imran M, Ahmed W, Sun Y. 2019. Interactive effects of grafting techniques and scion-rootstocks combinations on vegetative growth, yield and quality of cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Agronomy.* 9(6):288. <https://doi.org/10.3390/agronomy9060288>.
- Olmstead MA, Lang NS, Ewers FW, Owens SA. 2006. Xylem vessel anatomy of sweet cherries grafted onto dwarfing and nondwarfing rootstocks. *J Am Soc Hortic Sci.* 131(5):577–585. <https://doi.org/10.21273/JASHS.131.5.577>.
- Pesireron M. 2010. Pengkajian perbanyak tanaman kakao secara vegetatif (Okulasi mata entris dan sambung pucuk). *J Budid Pertan.* 6(1):25–29.
- Poethig RS. 2009. Small RNAs and developmental timing in plants. *Curr Opin Genet Dev.* 19(4):374–378. <https://doi.org/10.1016/j.gde.2009.06.001>.
- Rahardjo M, Djauharia E, Darwati I, Rosita SMD. 2013. Pengaruh umur batang bawah terhadap pertumbuhan benih mengkudu tanpa biji asil grafting. *Bul Penelit Tanam Rempah dan Obat.* 24(1):14–18.
- Rahayu ES, Pujiasmanto B, Murniyanto DE. 2020. Pengujian bibit jambu mete metode grafting untuk mendapatkan tajuk terbatas. In: Muhammad DRA, Wati AK, Handoyo GC, Agustina A, Pawestri drh. W, Herawati A, Rahmadwiati R, Manurung IR, Masyithoh G, Nuraini DM, editor. *Strategi ketahanan pangan masa new normal covid-19.* Prosiding Seminar Nasional Fakultas Pertanian UNS; 22 Juli 2020; Surakarta, ID. Vol. 4. Surakarta (ID): Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret. hal. 49–58.
- Rasool A, Mansoor S, Bhat KM, Hassan GI, Baba TR, Alyemini MN, Alsahli AA, El-Serehy HA, Paray BA, Ahmad P. 2020. Mechanisms underlying graft union formation and rootstock scion interaction in horticultural plants. *Front Plant Sci.* 11:590847. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.590847>.
- Savitri, Afrah. 2019. Aplikasi teknik sambung pucuk (top grafting) untuk perbanyak tanaman durian (*Durio zibethinus* Murr). *J Agriflora.* 3(2):40–47.
- Sharma A, Wang J, Xu D, Tao S, Chong S, Yan D, Li Z, Yuan H, Zheng B. 2020. Melatonin regulates the functional components of photosynthesis, antioxidant system, gene expression, and metabolic pathways to induce drought resistance in grafted *Carya cathayensis* plants. *Sci Total Environ.* 713:136675. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.136675>.
- Shi X, Wang X, Cheng F, Cao H, Liang H, Lu J, Kong Q, Bie Z. 2019. iTRAQ-based quantitative proteomics analysis of cold stress-induced mechanisms in grafted watermelon seedlings. *J Proteomics.* 192:311–320. <https://doi.org/10.1016/j.jprot.2018.09.012>.
- Tambing Y, Adelina E, Budiarti T, Endang Murniati D. 2008. Kompatibilitas batang bawah angka tahan kering dengan entris angka asal Sulawesi Tengah dengan cara sambung pucuk. *J Agrol.* 15(2):95–100.

- Tedesco S, Pina A, Fevereiro P, Kragler F. 2020. A Phenotypic search on graft compatibility in grapevine. *Agronomy*. 10(5):706. <https://doi.org/10.3390/agronomy10050706>.
- Toju H, Okayasu K, Notaguchi M. 2019. Leaf-associated microbiomes of grafted tomato plants. *Sci Rep*. 9(1):1787. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-38344-2>.
- Tzarfati R, Ben-Dor S, Sela I, Goldschmidt EE. 2013. Graft-induced Changes in MicroRNA Expression Patterns in Citrus Leaf Petioles. *Open Plant Sci J*. 7(1):17–23. <https://doi.org/10.2174/1874294701307010017>.
- Wang J-W, Park MY, Wang L-J, Koo Y, Chen X-Y, Weigel D, Poethig RS. 2011. MiRNA Control of Vegetative Phase Change in Trees. Sederoff RR, editor. *PLoS Genet*. 7(2):e1002012. <https://doi.org/10.1371/journal.pgen.1002012>.
- Widiatmoko E, Ashari S. 2018. Hubungan antara batang bawah dengan batang atas pada metode topworking tanaman durian (*Durio zibethinus* Murr) di Kecamatan Ngantang. *J Produksi Tanam*. 6(1):32–37.
- Yanti IT, Sulandjari S, Yuniastuti E. 2013. Pengaruh pemberian air kelapa dan tipe sambungan terhadap keberhasilan sambung pucuk durian (*Durio zibethinus* M.). *Agrosains J Penelit Agron*. 15(2):46–49. <https://doi.org/10.20961/agsjpa.v15i2.19000>.
- Yin H, Yan B, Sun J, Jia P, Zhang Z, Yan X, Chai J, Ren Z, Zheng G, Liu H. 2012. Graft-union development: a delicate process that involves cell–cell communication between scion and stock for local auxin accumulation. *J Exp Bot*. 63(11):4219–4232. <https://doi.org/10.1093/jxb/ers109>.
- Yulianti F, Latif Adiredjo A, Soetopo L, Ashari S. 2020. Anatomical characteristics of roots and stems of citrus rootstock as parameter for estimating of rimau gerga lebong (RGL) mandarin citrus vigor. *J Hortik Indones*. 11(3):166–173. <https://doi.org/10.29244/jhi.11.3.166-173>.
- Zhang X, Zhang F, Wang J, Lin L, Liao M, Tang Y, Sun G, Wang X, Lv X, Deng Q, et al. 2019. Cutting after grafting affects the growth and cadmium accumulation of *Nasturtium officinale*. *Environ Sci Pollut Res*. 26:15436–15442. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-04977-7>.