



OPTIMIZATION OF THE SUCCESS RATE OF THE EPICOTYL GRAFTING METHOD IN NUTMEG WITH DIFFERENT ROOTSTOCK STAGES AND SCION LEAF NUMBERS

Agus Ruhnayati^{1,2)}, Mohamad Rahmad Suhartanto^{1,*)}, Abdul Qadir¹⁾, dan Oti Rostiana²⁾

¹⁾Program Studi Ilmu dan Teknologi Benih IPB, Jl. Raya Dramaga, Bogor 16680, Indonesia

²⁾Badan Riset dan Inovasi Nasional, Jl. Raya Jakarta - Bogor KM 46, Bogor 16911, Indonesia

ARTICLE INFO

Article history:

Received 27 Dec 2024,

Revised 04 Feb 2025,

Accepted 04 Mar 2025,

Available online 12 Apr 2025

Keywords:

- ✓ *Epicotyl grafting*;
- ✓ *Myristica fragrans*;
- ✓ *Rootstock stage*;
- ✓ *Scion leaf number*

*corresponding author:

m.r.suhartanto@apps.ipb.ac.id

Phone: +62 815 1325 9133

[https://doi.org/10.31938/jsn.v](https://doi.org/10.31938/jsn.v15i2.790)

[15i2.790](https://doi.org/10.31938/jsn.v15i2.790)

ABSTRACT

The availability of seeds with known sex types is one of the obstacles in nutmeg cultivation. Epicotyl grafting using rootstocks aged 20–30 days is one of the solutions to overcome this issue. The objective of this study is to determine the optimal stage/age of rootstocks and the number of leaves of the scion to improve the success rate of nutmeg through epicotyl grafting. The experimental design used is a Randomized Block Design (RBD) with factorial pattern, repeated three times. The first factor is the stage of rootstock age, categorized as: 1 month (without leaves), 2 months (2 leaves), 3 months (3 leaves), and 4 months (4 leaves). The second factor is the number of leaves on the scion : 2 leaves cut in half, 2 leaves, and 3 leaves. Variables observation i.e. : a) C/N ratio in the rootstock and scion before grafting, b) plant morphology (Number of leaves, shoot length, shoot diameter, number of branches, and plant height.), and c) plant physiology (grafting success rate, graft union length, photosynthesis rate, and leaf chlorophyll content). The results showed that all rootstock stages and scion leaf number could be used for nutmeg grafting, with a 67-100% success rate. The best recommendation treatments are rootstocks with two leaves grafted to scions with two leaves, and rootstocks with four leaves grafted to scions with three leaves.

ABSTRAK

Optimalisasi Tingkat Keberhasilan Metode *Epicotyl Grafting* Pala dengan Berbagai Stadia Batang Bawah dan Jumlah Daun Entres

Ketersediaan benih yang belum diketahui jenis kelaminnya merupakan salah satu kendala dalam pengembangan komoditas pala. Sambung pucuk secara *epicotyl grafting* menggunakan batang bawah berumur 20-30 hari, merupakan salah satu solusi dalam mengatasi hal tersebut. Tujuan penelitian adalah mendapatkan stadia/umur batang bawah dan jumlah daun batang atas yang optimal untuk meningkatkan keberhasilan sambung pala secara *epicotyl grafting*. Rancangan lingkungan yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK), pola faktorial dengan dua faktor yang masing-masing diulang 3 kali. Faktor pertama adalah stadia batang bawah umur 1-4 bulan (1 bulan/belum berdaun, 2 bulan/2 daun, 3 bulan/3 daun, dan 4 bulan/4 daun), dan faktor kedua adalah jumlah daun pada batang atas/entres (2 daun dipotong setengahnya, 2 daun dan 3 daun). Peubah pengamatan adalah meliputi : a) kandungan C/N rasio pada batang bawah dan batang atas sebelum penyambungan, b) morfologi tanaman (jumlah daun, panjang tunas, diameter tunas, jumlah cabang dan tinggi tanaman), dan c) fisiologi tanaman (keberhasilan penyambungan, panjang pertautan, laju fotosintesis, dan kandungan klorofil daun). Hasil penelitian menunjukkan bahwa semua perlakuan stadia batang bawah dan jumlah daun pada entres dapat digunakan untuk perbanyakan pala sambung, dengan tingkat keberhasilannya mencapai 67-100 %. Stadia batang bawah berdaun 2 helai yang disambungkan dengan batang atas berdaun 2 helai, dan batang bawah berdaun 4 helai yang disambungkan dengan batang atas berdaun 3 helai adalah perlakuan yang direkomendasikan.

Kata kunci: *epicotyl grafting*; *Myristica fragrans*; stadia batang bawah; jumlah daun entres

PENDAHULUAN

Tanaman pala (*Myristica fragrans* Houtt) merupakan tanaman rempah asli Indonesia yang

bernilai ekonomi cukup tinggi, sebagai komoditas ekspor. Pada tahun 2018, nilai ekspor pala mencapai 111,68 juta USD dan pada tahun 2022 naik menjadi 185,32 juta USD (Ditjenbun, 2023).



Selain sebagai rempah, pala juga dikenal sebagai tanaman obat, fuli dan biji pala terbukti mengandung senyawa fenolik dan flavonoid yang dapat menangkal radikal bebas (Erza et al., 2022; Rostiana et al., 2013). Di Indonesia, pala sebagian besar diusahakan dalam bentuk perkebunan rakyat (99,83%) dan sisanya dalam bentuk perkebunan besar, dengan luas areal mencapai 289.682 ha dan produksi 45.578 ton pada tahun 2023 (Ditjenbun, 2023). Rata-rata produktivitas pala Indonesia tidak lebih dari 0,55 ton/ha, bahkan dalam tahun terakhir ini hanya mencapai 0,447 ton/ha, masih jauh di bawah potensi varietas yang mencapai 3,5 ton/ha. Salah satu penyebabnya adalah banyaknya tanaman jantan karena diperbanyak secara generatif.

Salah satu kendala dalam pengembangan pala adalah ketersediaan benih yang telah diketahui jenis kelaminnya. Berdasarkan kelaminnya dikenal tiga jenis tanaman pala yaitu jantan (*androecious*), betina (*gynoecious*) dan berumah satu (*monoecious*). Tanaman berumah satu walaupun mempunyai bunga jantan dan betina, namun memiliki bunga jantan lebih banyak daripada bunga betina, sehingga buah yang dihasilkan lebih sedikit (Rostiana et al., 2013). Sampai saat ini belum ada metode yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi jenis kelamin pala pada fase benih dan di persemaian, sehingga sulit menentukan perbandingan yang tepat antara tanaman jantan dan betina di lapangan (Mintah, 2018). Perbandingan jenis kelamin (*sex ratio*) yang tidak ideal akan merugikan budidaya pala karena produktivitas menjadi rendah akibat terlalu banyak tanaman jantan. Hasil penelitian (Kaihatu et al., 2021) menunjukkan bahwa komposisi antara jantan dengan betina 1:10 memberikan hasil buah tertinggi.

Salah satu upaya untuk mengatasi kendala di atas adalah dengan perbanyak vegetatif. Perbanyak vegetatif pala dapat dilakukan melalui sambung pucuk secara *epicotyl grafting* dengan menggunakan batang bawah berumur 20-30 hari dan belum berdaun (Rema et al., 1997). Tingkat keberhasilan *epicotyl grafting* pala jenis *Myristica fragrans* dengan menggunakan umur batang bawah 20-30 hari mencapai 85,71 % (Ruhnayat et al., 2023). Selain keberhasilannya relatif tinggi, keunggulan menggunakan batang bawah berumur 20-30 hari adalah benih pala sambung lebih cepat tersedia dan waktu pemeliharaan batang bawah sebelum disambung lebih singkat. Kelemahannya adalah penggunaan batang bawah dengan rentang umur yang pendek (10 hari) menyulitkan dalam memproduksi bibit pala sambung secara masal, karena membutuhkan

tenaga penyambung yang lebih banyak dan potensi batang bawah lewat umur lebih tinggi.

Hasil penelitian Sudjud et al. (2022) menunjukkan bahwa penggunaan batang bawah berumur lebih tua (60, 90 dan 120 hari) memiliki tingkat keberhasilan yang masih rendah yaitu 32,82-48,95%, penyebabnya belum diketahui. Hal tersebut diduga dipengaruhi oleh rasio C/N pada kotiledon batang bawah dan daun entres pada saat penyambungan. Rasio C/N berdampak pada respons fisiologis di seluruh penyatuan penyambungan, yang sangat penting untuk keberhasilan pertautan pada sambungan. Hal tersebut termasuk penyesuaian kambium vaskular, penyembuhan luka, dan pembentukan xilem dan floem sekunder, yang semuanya penting untuk transportasi, air, nutrisi dan pertumbuhan tanaman hasil sambung (Rasool et al., 2020). Defoliasi atau membuang daun pada entres bukanlah persyaratan pada *epicotyl grafting* pala, namun jumlah daun yang optimal pada entres pala belum diketahui secara pasti.

Tujuan dari penelitian ini adalah : 1) mendapatkan stadia batang bawah yang dapat digunakan untuk meningkatkan keberhasilan pala sambung bermutu, dan 2) menentukan jumlah daun entres yang optimal untuk meningkatkan presentase keberhasilan penyambungan dan mutu benih pala sambung.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan tanaman yang digunakan dalam penelitian ini adalah biji pala (*Myristica fragrans* Houtt) berumur \pm 10 bulan berasal dari populasi non varietas dari Lampung Selatan, dan entres (batang atas) berasal dari Kebun Koleksi Sumber Daya Genetik Pala Varietas Banda di Kebun BSIP-TROA Cicurug Kabupaten Sukabumi. Tujuan digunakannya batang bawah dari populasi non varietas karena ketersediannya lebih banyak dibandingkan dengan yang varietas. Hal tersebut untuk mengantisipasi apabila pala sambung akan diproduksi secara masal.

Bahan kimia yang digunakan adalah $K_2Cr_2O_7$, H_2SO_4 pekat, NaOH 40 %, asam borat, indikator Conway. Bahan pembantu yang digunakan adalah bak plastik ukuran 37 cm x 28 cm x 12 cm (panjang, lebar, dan tinggi), pasir kali, tanah bagian atas (*top soil*), kompos, polibag ukuran 15 cm x 25 cm, kantong plastik bening (*Poly Propylene*) ukuran 15 cm x 35 cm, paranet

ukuran 50 %, *clip grafting* ukuran 3 mm, dan tali rafia.

Alat yang digunakan adalah gunting stek, silet, spektrofotometer UV-vis, timbangan digital, *Portable Plant Photosynthesis Meter* model 3051C, *Chlorophyll Content Meter* model MC100 merek Apogee, mikroskop digital WS1600, meteran, jangka sorong, *software ImageJ*, dan peralatan gelas laboratorium.

Metode

Tempat dan Waktu

Penelitian dilakukan di Kp. Sumur Wangi Kelurahan Kayumanis Kecamatan Tanah Sareal Bogor dan Laboratorium Ilmu dan Teknologi Benih IPB, Darmaga, Bogor. Percobaan dilaksanakan dari bulan Juni 2023 - Maret 2024.

Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK), pola faktorial diulang 3 kali. Faktor pertama yaitu stadia batang bawah umur 1-4 bulan (1 bulan/belum berdaun/kontrol, 2 bulan/2 daun, 3 bulan/3 daun, dan 4 bulan/4 daun), dan faktor kedua adalah jumlah daun pada entres (2 daun dipotong setengahnya/kontrol, 2 daun dan 3 daun). Stadia batang bawah umur 1 bulan/belum berdaun digunakan sebagai kontrol mengacu pada hasil penelitian terbaik sebelumnya (Ruhnayat et al., 2023). Terdapat 12 kombinasi perlakuan dan setiap perlakuan terdiri atas 4 tanaman, diulang 3 kali (total 144 tanaman).

Penyiapan Batang Bawah

Batang bawah diperbanyak dari biji pala berumur \pm 10 bulan berasal dari populasi non varietas dari Lampung Selatan. Biji pala disemai pada bak plastik dengan media tanam pasir. Penyemaian biji dilakukan secara bertahap dengan interval waktu 1 bulan, sehingga akhirnya diperoleh bibit pala berumur 1-4 bulan. Bibit yang telah berumur 1 bulan (belum berdaun) di persemaian kemudian dipindah kedalam polibag dengan media tanam campuran tanah, pasir dan kompos dengan perbandingan 2:2:1, volume $\frac{3}{4}$ polibag.

Penyiapan Entres (Batang Atas)

Entres berasal dari Kebun Koleksi Sumber Daya Genetik Pala Varietas Banda di Kebun BSIP-TROA Cicurug Kabupaten Sukabumi. Penyetekan entres dilakukan jam 09.00-10.00 terhadap batang yang sudah sedikit berkayu dari cabang plagiotrop, mempunyai daun yang telah

dewasa (berwarna hijau tua mengkilap), mempunyai mata tunas tidur, panjang entres 12-15 cm.

Teknik Penyambungan

Batang bawah dipotong pada ketinggian 5-8 cm dari kotiledon (semua daun terbangun), dibuat irisan vertikal sepanjang \pm 1 cm menyerupai huruf V, dengan menggunakan silet yang tajam. Diameter entres sama dengan diameter batang bawah, diruncingkan pada bagian pangkalnya berbentuk huruf V sepanjang \pm 1 cm. Entres dimasukkan pada batang bawah, dijepit dengan *clip grafting* ukuran 3 mm. Benih sambungan disiram dengan air sampai jenuh, disungkup dengan kantong plastik bening berikut polibagnya dan diikat kuat dengan tali rafia, disimpan di tempat pembenihan dengan intensitas cahaya matahari 50 %. Sungkup kantong plastik dibuka saat tanaman berumur 3 BSP (Bulan Setelah Penyambungan).

Pengamatan

1) Pengamatan biokimia

Analisis kandungan karbon organik (C) dan nitrogen total (N) pada batang bawah dan entres sebelum penyambungan dilakukan di Laboratorium Uji IPB.

a) Analisis kandungan karbon organik.

Metode analisis yang digunakan adalah menurut Kurnias. Contoh tanaman sebanyak 0,05 g ditimbang, kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL (jika konsentrasi sampel melebihi kadar standar maka bobot sampel dikurangi menjadi minimal +0,02 g atau minimal +0,01 g), ditambahkan 5 mL $K_2Cr_2O_7$ 1 N, lalu dikocok, ditambahkan 7,5 mL H_2SO_4 pekat, dikocok, didiamkan selama 30 menit, diencerkan dengan air bebas ion, dan dibiarkan dingin, serta diimpitkan. Keesokan harinya diukur absorbansi larutan jernih dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 561 nm. Sebagai pembanding dibuat standar 0 sampai dengan 250 mg/L, dengan memipet 0 sampai dengan 5 mL larutan standar 5.000 mg/L ke labu ukur 100 mL dengan perlakuan yang sama dengan pengerjaan contoh.

b) Analisis kandungan nitrogen total

Metode analisis yang digunakan adalah menurut Kjeldahl. Contoh tanaman sebanyak 0,25 g ditimbang, kemudian dimasukkan ke dalam tabung *digest*, ditambahkan 1 g campuran selen dan 3 mL asam sulfat pekat, didestruksi hingga

suhu 350° C selama 3-4 jam. Destruksi selesai bila keluar uap putih dan didapat ekstrak jernih (sekitar 4 jam). Tabung *digest* diangkat, didinginkan, ekstrak diencerkan dengan air bebas ion hingga tepat 50 mL, dikocok sampai homogen, dibiarkan semalaman agar partikel mengendap. Ekstrak digunakan untuk pengukuran N dengan cara destilasi. Ekstrak jernih sebanyak 10 mL dipipet ke dalam vapedest tube, ditambahkan 10 mL NaOH 40 %. Penampung disiapkan untuk NH₃ yang dibebaskan yaitu dengan menggunakan erlenmeyer yang berisi 10 mL asam borat 1 % ditambah 3 tetes indikator conway (berwarna merah) yang ditempatkan pada vapedest, serta didestilasi hingga volume penampung mencapai 50-75 mL (berwarna hijau). Destilat dititrasi dengan H₂SO₄ 0,050 N hingga warna merah muda. Volume titar contoh (Vc) dan blanko (Vb) dicatat.

2) Pengamatan morfologi

Pengamatan dilakukan pada saat tanaman berumur 1-8 Bulan Setelah Penyambungan (BSP). Peubah yang diamati adalah jumlah daun (dihitung dari jumlah daun baru yang tumbuh), panjang tunas (diukur dari mulai dari titik tumbuh tunas pada batang atas sampai ujung tunas dengan menggunakan meteran), diameter tunas (diukur pada daerah pertemuan sambungan batang atas dan batang bawah dengan menggunakan jangka sorong), jumlah cabang (dihitung dari cabang yang tumbuh pada batang atas), dan tinggi tanaman (diukur dari batang bawah di atas permukaan tanah sampai titik tumbuh pada batang atas dengan menggunakan meteran) .

3) Pengamatan fisiologi

Peubah yang diamati adalah jumlah tanaman yang berhasil disambung dengan kriteria batang bawah dan entres masih segar, dilakukan pada saat tanaman berumur 1-8 BSP. Persentase keberhasilan sambungan dihitung dengan menggunakan persamaan (1).

$$\text{Persentase keberhasilan (\%)} = \frac{\sum \text{sambungan berhasil pada akhir penelitian}}{\sum \text{sambungan pada awal penelitian}} \times 100\% \quad (1)$$

4) Pengamatan histologi

Peubah yang diamati adalah pertautan batang bawah dan batang atas, dilakukan pada saat tanaman berumur 4 BSP. Pengamatan dilakukan terhadap penampang memanjang pada sambungan, menggunakan mikroskop *digital portable* dengan perbesaran 13 kali. Panjang pertautan antara batang bawah dan batang atas

(kalus yang terbentuk) pada penampang memanjang diukur dengan menggunakan *software ImageJ*.

5) Pengamatan laju fotosintesis

Pengamatan dilakukan pada saat tanaman berumur 6 dan 8 BSP, dengan menggunakan alat *Portable Plant Photosynthesis Meter* model 3051C. Pengukuran dilakukan dengan sistem tertutup. Laju fotosintesis diukur langsung pada daun dewasa (daun ketiga dari pucuk) dan diulang 3 kali.

6) Pengamatan kandungan klorofil daun

Pengamatan dilakukan pada saat tanaman berumur 8 BSP, dengan menggunakan alat *Chlorophyll Content Meter* model MC100 merek Apogee. Pengukuran dilakukan pada semua daun (muda, dewasa, dan tua) diulang 3 kali.

Analisis Data

Data dianalisis menggunakan program *Sirichai Statistics 7* dengan selang kepercayaan 95%. Apabila hasil sidik ragam menunjukkan pengaruh nyata, maka dilakukan uji lanjut dengan *Duncan Multiple Range Test (DMRT)* pada taraf 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tingkat Keberhasilan Penyambungan

Hasil uji statistik menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan perlakuan batang bawah dan batang atas terhadap tingkat keberhasilan penyambungan pada umur 1- 6 BSP (Tabel 1). Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan batang bawah berdaun 2-4 helai dan batang atas berdaun 2-3 helai tidak berpengaruh negatif terhadap keberhasilan penyambungan tanaman pala. Dengan demikian, semua kombinasi perlakuan dapat digunakan untuk meningkatkan keberhasilan penyambungan pala secara *epicotyl grafting*. Namun demikian, kombinasi perlakuan yang direkomendasikan adalah yang dapat meningkatkan keberhasilan penyambungan > 80 %.

Tingkat keberhasilan penyambungan yang tinggi menunjukkan adanya kompatibilitas (kesesuaian) antara batang bawah dan atas (Gisbert et al., 2011). Besaran rasio C/N pada batang bawah dan batang atas menunjukkan potensi penyimpanan karbohidrat untuk

mendukung keberhasilan penyambungan pala dengan metode *epicotyl grafting*. Rasio C/N awal batang bawah dan batang atas pada penelitian ini tersaji pada Tabel 2.

Menurut Balasubramanian et al. (2023) dan Vittal et al. (2023), bahwa rasio C/N yang seimbang akan mampu menyediakan energi yang cukup untuk mendukung proses pembentukan dan pertumbuhan tanaman hasil sambung. Secara umum, rasio C/N sebesar 25-30 dianggap optimal untuk banyak tanaman, tetapi kebutuhan spesifik dapat berbeda tergantung pada jenis tanaman dan kondisi lingkungan.

Pertautan Batang Atas dengan Batang Bawah

Tiga perlakuan yang memberikan total panjang pertautan tertinggi (optimal) berturut-turut adalah : batang bawah berdaun 2 disambung dengan batang atas berdaun 2 helai, dan batang

bawah berdaun 4 helai yang disambung dengan batang atas berdaun 2 dan 3 helai (Tabel 3).

Pertautan antara batang bawah dengan batang atas merupakan salah satu indikator awal untuk menilai keberhasilan penyambungan, baik dari aspek kompatibilitas histologi maupun integrasi proses fisiologis dan biokimia. Tanaman muda untuk batang bawah memiliki kandungan hormon auksin yang tinggi, yang berperan dalam pembentukan kalus (Islam et al., 2003). Semakin cepat kalus terbentuk, semakin cepat pula proses pertautan sambungan, yang akhirnya mempercepat pertumbuhan tanaman. Proses ini sangat penting untuk integrasi antara batang bawah dan batang atas, memastikan pengangkutan air dan nutrisi berjalan optimal (Rasool et al., 2020; Frank et al., 2022). Panjang pertautan yang optimal antara batang atas dan batang bawah terlihat pada Gambar 1.

Tabel 1. Tingkat keberhasilan penyambungan pada umur 1 - 6 BSP.

Perlakuan		Tingkat Keberhasilan (%)			
Batang Bawah	Batang Atas	1 BSP	2 BSP	4 BSP	6 BSP
Belum berdaun	2 daun dipotong ½	100	75,00	75,00	75,00
Belum berdaun	2 daun	100	83,33	83,33	83,33
Belum berdaun	3 daun	100	75,00	75,00	75,00
Berdaun 2	2 daun dipotong ½	100	91,67	91,67	91,67
Berdaun 2	2 daun	100	100,00	100,00	100,00
Berdaun 2	3 daun	100	83,33	83,33	83,33
Berdaun 3	2 daun dipotong ½	100	75,00	75,00	75,00
Berdaun 3	2 daun	100	66,67	66,67	66,67
Berdaun 3	3 daun	100	75,00	75,00	75,00
Berdaun 4	2 daun dipotong ½	100	91,67	91,67	91,67
Berdaun 4	2 daun	100	83,33	83,33	83,33
Berdaun 4	3 daun	100	100,00	100,00	100,00

Tabel 2. Kandungan nitrogen, karbon dan C/N rasio batang bawah dan batang atas sebelum dilakukan penyambungan.

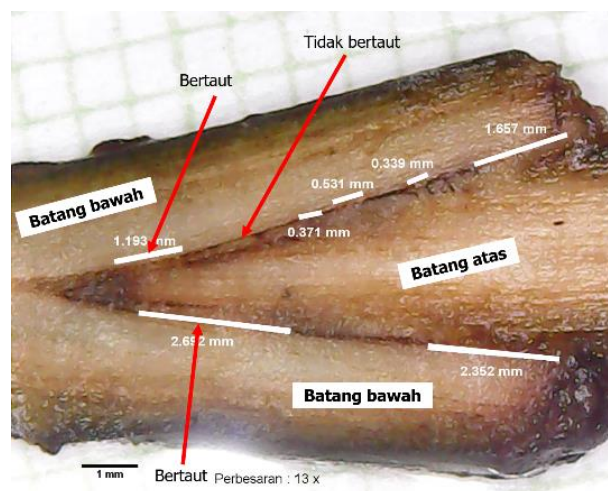
Perlakuan	N (%)	C (%)	C/N
Batang bawah belum berdaun	1,06	33,94	32,02
Batang bawah berdaun 2 helai	1,15	37,83	32,90
Batang bawah berdaun 3 helai	1,10	42,95	39,05
Batang bawah berdaun 4 helai	1,01	30,65	30,35
Batang atas berdaun 2 helai, dipotong ½	1,54	35,37	22,97
Batang atas berdaun 2 helai	1,15	37,83	32,90
Batang atas berdaun 3 helai	1,10	42,95	39,05

Keterangan : Data tanpa ulangan, tidak diolah secara statistik

Tabel 3. Pengaruh batang bawah dan batang atas terhadap total panjang pertautan (mm) pada sambungan pala (4 BSP).

Batang Bawah	Batang Atas		
	Berdaun 2 helai dipotong 1/2	Berdaun 2 helai	Berdaun 3 helai
Belum berdaun	7,860	16,206	17,096
Berdaun 2 helai	20,940	23,143	10,432
Berdaun 3 helai	18,946	4,911	15,361
Berdaun 4 helai	14,631	23,851	25,867

Keterangan : Data tanpa ulangan, tidak diolah secara statistik



Gambar 1. Panjang pertautan yang optimal antara batang bawah dengan batang atas secara melintang

Laju Fotosintesis

Laju fotosintesis pada semua perlakuan lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol (batang bawah belum berdaun yang disambung dengan batang atas berdaun 2 helai dipotong 1/2), bahkan ada yang nyata peningkatannya (Tabel 4). Batang bawah berdaun 2-4 helai dan batang atas berdaun 2-3 helai dapat menghasilkan laju fotosintesis benih pala sambung terbaik.

Tanaman yang berasal dari batang bawah belum berdaun semakin meningkatkan laju fotosintesis secara nyata bila disambung dengan batang atas berdaun 3 helai, demikian pula bila menggunakan batang bawah berdaun 4 helai. Bila batang bawah menggunakan 2 helai daun, laju fotosintesis meningkat nyata bila batang atas memiliki 2 daun, namun menurun lagi bila menggunakan batang atas dengan 3 helai daun. Terjadinya penurunan fotosintesis tersebut disebabkan karena panjang pertautan antara batang bawah dan batang atas lebih rendah (Tabel 4). Pertautan yang optimal dapat memperlancar

penyerapan air dan nutrisi sehingga fotosintesis meningkat (Yang et al., 2022). Pertautan yang tidak optimal dapat mengganggu aliran air, nutrisi, dan produk fotosintesis, yang pada gilirannya dapat mempengaruhi efisiensi fotosintesis. Tanaman yang tidak berfotosintesis dengan baik akan kesulitan menghasilkan energi yang diperlukan untuk pertumbuhannya.

Kandungan Klorofil Daun

Indeks kandungan klorofil (*Chlorophyll Content Index/CCI*) semua perlakuan lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol, dan ada beberapa yang peningkatannya berbeda nyata (Tabel 5). Dengan demikian batang bawah berdaun 2-4 helai dan batang atas 2-3 helai dapat digunakan untuk meningkatkan CCI. CCI akan lebih meningkat dan berbeda nyata dibandingkan dengan kontrol, apabila batang bawah berdaun 2 helai disambung dengan batang atas berdaun 2 helai, dan batang bawah berdaun 4 helai disambung dengan batang atas berdaun 3 helai.

Tabel 4. Rata-rata laju fotosintesis ($\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2/\text{detik}$) hasil interaksi antara batang bawah dengan batang (8 BSP)

Batang Bawah	Batang Atas		
	Berdaun 2 helai dipotong 1/2	Berdaun 2 helai	Berdaun 3 helai
Belum berdaun	2,01 ^{ef}	2,63 ^{def}	3,73 ^{bc}
Berdaun 2 helai	3,74 ^{bc}	4,73 ^a	3,16 ^{bcd}
Berdaun 3 helai	2,79 ^{cdef}	2,54 ^{def}	2,25 ^{def}
Berdaun 4 helai	1,93 ^f	3,00 ^{cde}	4,05 ^{ab}

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama untuk setiap kolom dan baris tidak berbeda nyata menurut DMRT (5%).

Tabel 5. Rata-rata indeks kandungan klorofil hasil interaksi antara batang bawah dengan batang (8 BSP).

Batang Bawah	Batang Atas		
	Berdaun 2 helai dipotong 1/2	Berdaun 2 helai	Berdaun 3 helai
Belum berdaun	14,65 ^c	17,53 ^{bc}	16,93 ^{bc}
Berdaun 2 helai	14,72 ^c	22,92 ^a	16,25 ^{bc}
Berdaun 3 helai	18,62 ^{abc}	20,30 ^{a^b}	18,75 ^{abc}
Berdaun 4 helai	16,68 ^{bc}	19,18 ^{abc}	23,03 ^a

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama untuk setiap kolom dan baris tidak berbeda nyata menurut DMRT (5%).

Nilai CCI yang lebih tinggi umumnya menunjukkan bahwa tanaman lebih sehat dan memiliki potensi fotosintesis yang lebih tinggi (Talebzadeh & Valeo, 2022). Sedangkan, nilai CCI yang rendah menunjukkan defisiensi hara atau stress lingkungan. Hasil penelitian pada tanaman melon, ceri dan paprika menunjukkan bahwa tanaman hasil sambung dapat meningkatkan klorofil a, klorofil b, dan kandungan klorofil total, yang akhirnya meningkatkan laju fotosintesis bersih dan ketahanan terhadap stress lingkungan (Chen et al., 2018; Mauro et al., 2020).

Jumlah Daun dan Jumlah Cabang

Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa terjadi interaksi yang nyata antara batang bawah

dan batang atas terhadap jumlah daun (Tabel 6), sedangkan terhadap jumlah cabang tidak berbeda nyata baik pengaruh tunggal maupun interaksinya. Jumlah daun pada semua perlakuan peningkatannya tidak berbeda nyata dibandingkan dengan kontrol.

Karakteristik awal batang bawah dan batang atas seperti umur batang bawah, jumlah daun batang atas dan kandungan C serta N, diduga berperan penting dalam respon pertumbuhan tanaman hasil sambung termasuk peningkatan jumlah daun. Menurut Landhäusser et al., (2023), bahwa kondisi awal benih dapat mempengaruhi keberhasilan pertumbuhan tanaman, termasuk jumlah daun, pada penelitian ini adalah jumlah daun batang bawah dan batang atas.

Tabel 6. Rata-rata jumlah daun (helai) hasil interaksi antara batang bawah dengan batang (4 BSP).

Batang Bawah	Batang Atas		
	Berdaun 2 helai dipotong 1/2	Berdaun 2 helai	Berdaun 3 helai
Belum berdaun	6,03 ^{abcd}	5,50 ^{cd}	8,14 ^{abc}
Berdaun 2 helai	7,08 ^{abcd}	8,58 ^a	4,50 ^d
Berdaun 3 helai	6,78 ^{abcd}	8,33 ^{abcd}	5,64 ^{bcd}
Berdaun 4 helai	7,50 ^{abc}	8,22 ^{abc}	6,58 ^{abcd}

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama untuk setiap kolom dan baris tidak berbeda nyata menurut DMRT (5%).

Panjang Tunas

Panjang tunas akan semakin meningkat apabila batang bawah berdaun 2-4 helai disambung dengan batang atas berdaun 2 helai, dan batang bawah berdaun 4 helai disambung dengan batang atas berdaun 2 dan 3 helai (Tabel 7).

Menurut Wang et al. (2024) terdapat hubungan linier antara luas daun total dan jumlah daun, yang dapat mempengaruhi potensi pertumbuhan tanaman antara lain panjang tunas. Hal ini menunjukkan bahwa ketersediaan hasil fotosintesis dari daun sangat penting untuk perkembangan kuncup (Kebrom & Mullet, 2015).

Diameter Tunas

Diameter tunas akan meningkat secara nyata dibandingkan dengan kontrol apabila batang bawah belum berdaun disambung dengan batang

berdaun 3 helai, batang bawah berdaun 2 helai disambung dengan batang atas berdaun 2-3 helai, dan batang bawah berdaun 4 helai disambung dengan batang atas berdaun 2-3 helai (Tabel 8).

Tinggi Tanaman

Tinggi tanaman akan meningkat secara nyata dibandingkan dengan kontrol apabila batang bawah berdaun 2 helai disambung dengan batang atas berdaun 2 helai, dan batang bawah berdaun 4 helai disambung dengan batang atas berdaun 3 helai (Tabel 9). Laju fotosintesis dan *CCI* pada tanaman yang diberi dua perlakuan interaksi tersebut di atas adalah yang tertinggi (Tabel 4 dan 5). Laju fotosintesis dan nilai *CCI* yang lebih tinggi umumnya menunjukkan bahwa tanaman lebih sehat (Talebzadeh & Valeo, 2022). Selain itu panjang pertautannya juga tinggi (Tabel 3), sehingga pertumbuhannya lebih baik.

Tabel 7. Rata-rata panjang tunas (cm) hasil interaksi antara batang bawah dengan batang atas pada umur 8 BSP.

Batang Bawah	Batang Atas		
	Berdaun 2 helai dipotong ½	Berdaun 2 helai	Berdaun 3 helai
Belum berdaun	12,00 ^b	11,83 ^b	13,83 ^b
Berdaun 2 helai	12,17 ^b	18,67 ^a	13,50 ^b
Berdaun 3 helai	12,83 ^b	16,83 ^a	14,17 ^b
Berdaun 4 helai	13,67 ^b	16,67 ^a	18,00 ^a

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang sama untuk setiap kolom dan baris tidak berbeda nyata menurut DMRT (5%).

Tabel 8. Rata-rata diameter tunas (cm) hasil interaksi antara batang bawah dengan batang atas pada umur 8 BSP.

Batang Bawah	Batang Atas		
	Berdaun 2 helai dipotong 1/2	Berdaun 2 helai	Berdaun 3 helai
Belum berdaun	3,78 ^{fg}	4,19 ^{def}	4,64 ^{abc}
Berdaun 2 helai	3,99 ^{efg}	4,72 ^{ab}	4,42 ^{bcd}
Berdaun 3 helai	3,68 ^g	4,05 ^{defg}	4,01 ^{defg}
Berdaun 4 helai	4,05 ^{defg}	4,27 ^{cde}	4,82 ^a

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama untuk setiap kolom dan baris tidak berbeda nyata menurut DMRT (5%).

Tabel 9. Rata-rata tinggi tanaman (cm) pada umur 8 BSP hasil interaksi antara batang bawah dengan batang atas.

Batang Bawah	Batang Atas		
	Berdaun 2 helai dipotong ½	Berdaun 2 helai	Berdaun 3 helai
Belum berdaun	29,67 ^{bc}	28,33 ^c	33,00 ^{ab}
Berdaun 2 helai	29,67 ^{bc}	34,33 ^a	30,67 ^{abc}
Berdaun 3 helai	28,50 ^c	31,83 ^{abc}	29,83 ^{bc}
Berdaun 4 helai	30,67 ^{abc}	33,17 ^{ab}	34,00 ^a

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama untuk setiap kolom dan baris tidak berbeda nyata menurut DMRT (5%).

KESIMPULAN

Stadia batang bawah belum berdaun dan berdaun 2-4 helai dapat digunakan untuk meningkatkan keberhasilan penyambungan pala dengan metode *epicotyl grafting*. Batang atas (entres) berdaun 2-3 helai dapat digunakan untuk meningkatkan presentase keberhasilan penyambungan dan mutu benih pala sambung dengan metode *epicotyl grafting*. Mutu benih pala hasil penyambungan terbaik diperoleh apabila menggunakan stadia batang bawah berdaun 2 helai yang disambung dengan batang atas berdaun 2 helai, dan batang bawah berdaun 4 helai yang disambung dengan batang atas berdaun 3 helai.

DAFTAR PUSTAKA

- Balasubramanian, V. K., Rivas-Ubach, A., Winkler, T., Mitchell, H., Moran, J., & Ahkami, A. H. (2023). Modulation of polar auxin transport identifies the molecular determinants of source–sink carbon relationships and sink strength in poplar. *Tree Physiology*, 1–20. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpad073>
- Chen, Y., Sun, X., Zheng, C., Zhang, S., & Yang, J. (2018). Grafting Onto *Artemisia annua* Improves Drought Tolerance in *Chrysanthemum* by Enhancing Photosynthetic Capacity. *Horticultural Plant Journal*, 4(3), 117–125. <https://doi.org/10.1016/j.hpj.2018.03.008>
- Ditjenbun. (2023). Statistik Perkebunan Jilid I 2022-2024. [http://repo.iain-tulungagung.ac.id/5510/5/BAB 2.pdf](http://repo.iain-tulungagung.ac.id/5510/5/BAB%202.pdf)
- Erza, R. K., Karmanah, K., & Nurlala, N. (2022). Secondary Metabolites and Potential Antioxidants of Nutmeg (*Myristica fragrans* Houtt) Mace from West Java. *Jurnal Sains Natural*, 12(2), 65. <https://doi.org/10.31938/jsn.v12i2.380>
- Frank, M. H., Komarov, S., Wang, Q., Li, K., Hecking, M., Fowler, H., Ravenburg, C., Widmier, A., Johnson, A., Thomas, H., Coneva, V., Chitwood, D. H., & Tai, Y.-C. (2022). *Integrated PET and confocal imaging informs a functional timeline for the dynamic process of vascular reconnection during grafting*. <https://doi.org/10.1101/2022.10.27.513862>
- Gisbert, C., Prohens, J., Raigón, M. D., Stommel, J. R., & Nuez, F. (2011). Eggplant relatives as sources of variation for developing new rootstocks: Effects of grafting on eggplant yield and fruit apparent quality and composition. *Scientia Horticulturae*, 128(1), 14–22. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.12.007>
- Islam, M. M., Haque, M. A., & Hossain, M. M. (2003). Effect of age rootstock and time of grafting on success of epycotil grafting in Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* L.). *Asian Journal of Plant Sciences*, 2(14), 1047–1051.
- Kaihatu, S., Pesireron, M., Ohorella, I., Senewe, R. E., Waas, E. D., & Gaffar, A. (2021). Effect of natural male and female (sex ratio) on nutmeg (*Myristica fragrans*) production on Maluku. *E3S Web of Conferences*, 306. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202130601019>
- Kebrom, T. H., & Mullet, J. E. (2015). Photosynthetic leaf area modulates tiller bud outgrowth in sorghum. *Plant Cell and*

- Environment*, 38(8), 1471–1478. <https://doi.org/10.1111/pce.12500>
- Landhäusser, S. M., Wiley, E. T., Solarik, K. A., Kulbaba, S. P., & Goepfel, A. E. (2023). The Importance of Initial Seedling Characteristics in Controlling Allocation to Growth and Reserves under Different Soil Moisture Conditions. *Forests*, 14(4). <https://doi.org/10.3390/f14040796>
- Mauro, R. P., Agnello, M., Distefano, M., Sabatino, L., Primo, A. S. B., Leonardi, C., & Giuffrida, F. (2020). Chlorophyll fluorescence, photosynthesis and growth of tomato plants as affected by long-term oxygen root zone deprivation and grafting. *Agronomy*, 10(1). <https://doi.org/10.3390/agronomy10010137>
- Mintah, F. D. (2018). Sex Determination in Nutmeg Seedlings Using Scar Primers. *Journal of Horticulture and Plant Research*, 3, 40–47. <https://doi.org/10.18052/www.scipress.com/jhpr.3.40>
- Rasool, A., Mansoor, S., Bhat, K. M., Hassan, G. I., Baba, T. R., Alyemeni, M. N., Alsahli, A. A., El-Serehy, H. A., Paray, B. A., & Ahmad, P. (2020). Mechanisms Underlying Graft Union Formation and Rootstock Scion Interaction in Horticultural Plants. In *Frontiers in Plant Science* (Vol. 11). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.590847>
- Rema, J., Krishnamoorthy, B., & Mathew, P. A. (1997). Vegetative propagation of major tree spices a, review. In *Journal of Spices and Aromatic Crops* (Vol. 6, Issue 2).
- Rostiana, O., Purwiyanti, S., Heryanto, R., & Arlianti, T. (2013). Sex Determination in Nutmeg-Progenies Based on Morphological and SSR-DNA Markers. *Proceeding of the International Seminar on Spices, Medicinal, and Aromatic Plants (SMAPs)*, June. <https://www.researchgate.net/publication/304244916>
- Ruhnayat, A., Rostiana, O., & Syakir, M. (2023). The improvement of grafting success of nutmeg (*Myristica fragrans* Hout.) by hooding and fogging. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1172(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1172/1/012016>
- Sudjud, S., Abdullah, H., Umasugi, B., Hadun, R., & Rachman, I. Abd. (2022). Perbanyak Tanaman Pala (*Myristica fragrans* Houtt) Dengan Metode Pembiakan Vegetatif. *Savana Cendana*, 7(01), 21–22. <https://doi.org/10.32938/sc.v7i01.1795>
- Talebzadeh, F., & Valeo, C. (2022). Evaluating the Effects of Environmental Stress on Leaf Chlorophyll Content as an Index for Tree Health. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1006(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1006/1/012007>
- Vittal, H., Sharma, N., Dubey, A. K., Shivran, M., Singh, S. K., Meena, M. C., Kumar, N., Sharma, N., Singh, N., Pandey, R., Bollinedi, H., Singh, B. P., & Sharma, R. M. (2023). Rootstock-mediated carbohydrate metabolism, nutrient contents, and physiological modifications in regular and alternate mango (*Mangifera indica* L.) scion varieties. *PLoS ONE*, 18(5 May). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0284910>
- Wang, C., Heng, Y., Xu, Q., Zhou, Y., Sun, X., Wang, Y., Yao, W., Lian, M., Li, Q., Zhang, L., Niinemets, Ü., Hölscher, D., Gielis, J., Niklas, K. J., & Shi, P. (2024). Scaling relationships between the total number of leaves and the total leaf area per culm of two dwarf bamboo species. *Ecology and Evolution*, 14(7). <https://doi.org/10.1002/ece3.70002>
- Yang, L., Xia, L., Zeng, Y., Han, Q., & Zhang, S. (2022). Grafting enhances plants drought resistance: Current understanding, mechanisms, and future perspectives. In *Frontiers in Plant Science* (Vol. 13). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1015317>