

PENGARUH PENYERBUKAN ANTAR SPESIES KOPI YANG DIBUDIDAYAKAN TERHADAP KARAKTERISTIK BUAH DAN BIJI

THE EFFECT OF INTER-POLLINATION OF CULTIVATED COFFEE SPECIES ON THE CHARACTERISTICS OF FRUIT AND SEEDS

Dani, Dewi Nur Rokhmah*

Pusat Riset Tanaman Perkebunan, ORPP BRIN
Kawasan Sains dan Teknologi (KST) Soekarno Jl. Raya Jakarta-Bogor KM 46, Cibinong, Kab. Bogor – 16915,

*Korespondensi: dewi056@brin.go.id

Diterima: 16 Juni 2025 / Direvisi : 04 Juli 2025 / Disetujui: 29 Juli 2025

ABSTRAK

Penyerbukan antar spesies kopi Arabika (*Coffea arabica* L.) dengan spesies kerabat yang bersifat diploid diduga berpengaruh terhadap karakteristik buah dan biji. Untuk mengetahui pengaruh tersebut dilakukan kombinasi penyerbukan buatan antar spesies yang dibudidayakan: *C. arabica* × *C. canephora* (A×C) dan *C. arabica* × *C. liberica* (A×L) serta kombinasi persilangan resiprokal (C×A) dan (L×A). Sebagai pembanding juga dilakukan penyerbukan dalam spesies *C. arabica* (A), *C. canephora* (C), dan *C. liberica* (L). Karakter morfometrik yang diamati meliputi bobot buah, panjang buah, lebar buah, tebal buah, volume buah, jumlah biji per buah, serta abnormalitas buah dan biji. Nilai tengah hasil penyerbukan antar spesies kopi kemudian dibandingkan dengan penyerbukan dalam spesies menggunakan uji t. Hasil penelitian menunjukkan penyerbukan antar spesies dengan ekses maternal (A×C dan A×L) mengakibatkan bobot dan ukuran buah nyata lebih kecil dibandingkan hasil penyerbukan dalam spesies (A×A). Di sisi lain, penyerbukan antar spesies, baik dengan ekses maternal (A×C dan A×L) maupun paternal (C×A dan L×A), menyebabkan persentase buah hampa jauh lebih tinggi dibandingkan penyerbukan dalam spesies (A×A, C×C, dan L×L). Namun, tidak terlihat adanya keterkaitan antara persentase buah berbiji tunggal (*peaberry*) dengan kombinasi penyerbukan antar spesies. Dengan demikian, selain implikasi genetis, hasil penelitian ini juga dapat memberikan implikasi agronomis.

Kata kunci: Antar-ploidi, Hambatan antar-spesies, Kegagalan endosperma, Pasca-sigotik

ABSTRACT

Interspecific pollination between Arabica coffee (*Coffea arabica* L.) and its diploid relatives are hypothesized to influence the resulting fruit and seed characteristics. To evaluate this effect, artificial interspecific pollination was conducted between *C. arabica* × *C. canephora* (A×C), *C. arabica* × *C. liberica* (A×L), and their reciprocals (C×A and L×A). As a control, intraspecific pollinations were also performed within *C. arabica* (A×A), *C. canephora* (C×C), and *C. liberica* (L×L). Morphometric traits observed were fruit weight, fruit length, fruit width, fruit thickness, fruit volume, number of seeds per fruit, and abnormalities in fruit and seed

development. The mean values were statistically compared using t-tests. The results demonstrated that fruit weight and size from interspecific pollinations with maternal excess ($A \times C$ and $A \times L$) were significantly smaller than those intraspecific pollination within *C. arabica*. Fruit abnormalities, particularly the percentage of empty fruits, were markedly higher in interspecific combinations—regardless of whether maternal or paternal excess was involved—compared to intraspecific pollinations. However, no consistent association was found between the occurrence of single-seeded fruits (*peaberries*) and the direction or type of interspecific pollination. Thus, in addition to genetic implications, the results of this study can also provide agronomic implications.

Key words: Endosperme failure, Interploidy, Interspecific barrier, Post-zygotic

PENDAHULUAN

Kopi merupakan salah satu komoditas perkebunan yang sangat penting secara sosial ekonomi di beberapa negara produsen kopi, termasuk di Indonesia. Namun demikian, seiring dengan semakin meningkatnya suhu akibat perubahan iklim global, produksi kopi, khususnya Arabika, dihadapkan pada potensi kegagalan yang semakin tinggi. Oleh sebab itu, perakitan varietas baru yang lebih toleran terhadap suhu tinggi penting untuk dilakukan (Teixeira et al., 2015).

Produksi kopi dunia saat ini pada umumnya mengandalkan pada dua spesies kopi, yaitu Kopi Arabika (*Coffea arabica*) dan Robusta (*C. canephora* var *robusta*). Spesies lainnya, seperti kopi Liberika, dikembangkan (*C. liberica*) dalam skala terbatas di Asia Tenggara, khususnya Indonesia. Kopi Arabika paling banyak diproduksi dan dikonsumsi di dunia karena memiliki keunggulan dari segi mutu citarasa. Di sisi lain, kopi Robusta dan Liberika dikenal lebih toleran terhadap suhu tinggi dibandingkan kopi Arabika. Dengan demikian, penyerbukan antar spesies kopi berpotensi menghasilkan genotipe-genotipe baru yang memiliki sifat unggul gabungan.

Populasi kopi Arabika seringkali ditemukan bercampur atau saling berdekatan dengan populasi spesies kerabat

yang bersifat diploid, terutama Robusta dan Liberika. Kondisi demikian mendukung untuk terjadinya penyerbukan antar spesies kopi sehingga berpeluang memunculkan zona hibrida antar spesies (Gomez et al., 2016). Beberapa hibrida interspesifik alami yang diduga berasal dari tiga spesies *Coffea* tersebut telah dilaporkan. Salah satu hibrida alami antara spesies *C. arabica* dan *C. canephora* var *robusta* yang paling terkenal adalah *Hibrido de Timor* (HdT) (Setotaw et al., 2020). Beberapa galur keturunan HdT kemudian diintroduksikan oleh pemerintah Indonesia dan selanjutnya dikembangkan oleh petani dengan nama Arabusta Tim-Tim (Hulipi et al., 2013). Hibrida alami antara kopi *C. arabica* dan *C. liberica* juga berhasil ditemukan, seperti Kawisari, Bandjar Sari, dan Kalimas. Hibrida Kawisari dijadikan sebagai donor sifat ketahanan penyakit karat daun dalam program pemuliaan tanaman kopi di India (Silva et al., 2022).

Arah penyerbukan dianggap penting untuk diperhatikan dalam persilangan antar spesies karena dinilai menentukan tingkat keberhasilannya. Hibrida triploid telah berhasil diperoleh ketika *C. arabica* tetraploid digunakan sebagai induk betina ($4x \times 2x$). Namun demikian, keberhasilan penyerbukan resiproknya ($2x \times 4x$) sejauh ini belum banyak dilaporkan (Gimase et al., 2015). Berdasarkan perbedaan taraf ploidi tetua, penyerbukan $4x \times 2x$ dan $2x \times 4x$

masing-masing dapat disebut dengan penyerbukan dengan ekses maternal dan ekses paternal. Namun demikian, informasi mengenai tingkat keberhasilan penyerbukan antar spesies kopi masih sangat terbatas.

Dalam banyak kasus, diketahui bahwa ekses paternal dapat berdampak negatif terhadap proses selularisasi endosperma dan pada akhirnya menyebabkan kegagalan pembentukan biji (Lafon-Placette & Köhler, 2016). Fenomena tersebut dikenal dengan istilah "*triploid block*" (Batista *et al.*, 2019). Namun demikian, hasil penelitian Dani *et al.* (2024) menunjukkan penyerbukan antar spesies kopi dengan ekses paternal (CC×CA) dapat menghasilkan buah dan biji berukuran serupa dengan tetua betina dalam frekuensi yang sangat kecil. Penyerbukan dengan ekses paternal ($2x \times 4x$) pada beberapa spesies tanaman lain dapat menghasilkan beberapa benih hibrida F^1 yang mampu bertahan hidup dan berkembang menjadi tanaman normal. Cao *et al.* (2002) melaporkan bahwa pohon pir tetraploid dapat menghasilkan serbuk sari dengan genom $1x$ dan $2x$. Keturunan dari penyerbukan dengan kelebihan paternal ini sebagian besar bersifat diploid, sedangkan keturunan triploid hanya muncul dalam frekuensi yang sangat rendah.

Efek maternal dan paternal ini sangat bervariasi pada tanaman model *Arabidopsis thaliana*, tergantung pada kombinasi tetua (House *et al.*, 2010). Oleh karena itu, masih terdapat peluang keberhasilan dalam kombinasi penyerbukan dengan ekses paternal (C×A) dan (L×A). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh ekses maternal dan paternal terhadap karakteristik buah dan biji hasil penyerbukan antar spesies kopi. Hipotesis yang diajukan adalah terdapat pengaruh penyerbukan antar spesies kopi dengan ekses

maternal dan paternal terhadap karakteristik buah dan biji yang dihasilkan.

BAHAN DAN METODE

Koleksi tiga spesies kopi, yaitu *C. arabica*, *C. canephora*, dan *C. liberica* ditanam secara berdekatan pada tahun 2012 hingga 2014 di Kebun Percobaan Pakuwon, Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar (saat ini menjadi Kebun Pakuwon, Balai Perakitan dan Pengujian Tanaman Industri dan Penyegar). Keterangan lebih lengkap mengenai tiga spesies kopi yang digunakan sebagai tetua penyerbukan dalam dan antar spesies dijelaskan dalam Tabel 1 dan Gambar 1. Ketiga spesies kopi tersebut merupakan tanaman produktif dan berusia > 5 tahun.

Penyerbukan Buatan Antar Spesies Kopi

Untuk mempelajari pengaruh ekses maternal dan paternal terhadap ukuran buah dan biji dari dilakukan empat kombinasi penyerbukan buatan antara spesies (AxC) dan (A×L) serta resiproknya (CxA) dan (LxA). Sebagai pembanding juga dilakukan penyerbukan dalam spesies yang sama (AxA, CxC, dan LxL). Penyerbukan terkontrol dilakukan selama periode bunga mekar bersamaan (*co-anthesis*) ketiga spesies tersebut pada bulan September 2022. Transfer langsung serbuk sari segar dari induk jantan ke stigma induk betina Dalam periode *co-anthesis* memungkinkan untuk dilakukan.

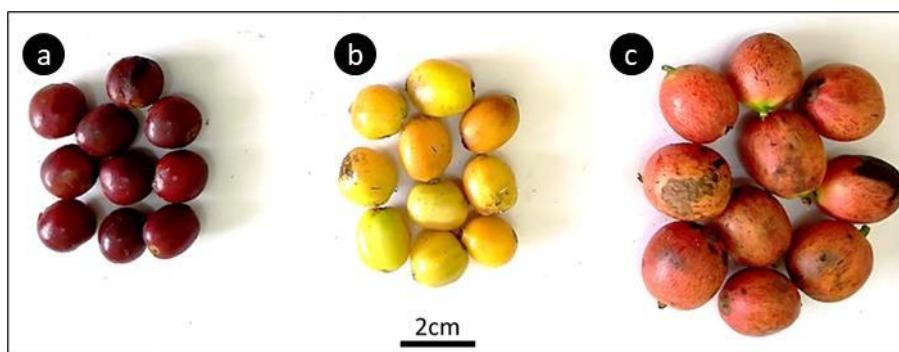
Meminimalkan kemungkinan terjadinya kontaminasi serbuk sari, satu hari sebelum penyerbukan buatan, dapat dilakukan kastrasi pada bunga fase lilin untuk menghilangkan organ anteranya dan selanjutnya ditutup menggunakan *kerodong* (penutup bunga dari kain kasa halus). Pengumpulan serbuk sari segar dari antera

tetua jantan dilakukan pada pagi hari berikutnya, antara pukul 08:00 hingga 10:00, dan langsung dioleskan ke putik tetua betina menggunakan kuas halus. Masing-masing kombinasi penyerbukan terdiri dari 100 bunga betina yang diserbuki. Bunga yang telah diserbuki langsung ditutup dengan kerodong kembali dengan kain kasa halus

dan diberi label sesuai kombinasi penyerbukannya. Dua minggu setelah penyerbukan, kerodong dilepas. Pembentukan buah (*fruit sets*) dari setiap kombinasi penyerbukan dihitung pada 3 bulan dan 6 bulan setelah penyerbukan (BSP).

Tabel 1. Tiga spesies kopi yang digunakan sebagai tetua penyerbukan antar spesies

Spesies	Kode (ploidi)	Kultivar/Klon	Karakteristik
<i>C. arabica</i>	A ($2n=4x=44$)	Ahernt GRT	Varietas anjuran berupa galur dengan karakter perawakan katai dan buah masak berwarna kuning berukuran sedang
<i>C. canephora</i> var <i>robusta</i>	C ($2n=2x=22$)	Sidodadi	Klon unggul lokal yang dikembangkan petani di wilayah Kabupaten Rejanglebong, Bengkulu dengan karakter buah masak berwarna merah berukuran sedang
<i>C. liberica</i> var <i>liberica</i>	L ($2n=2x=22$)	Lim 1	Varietas anjuran berupa populasi hasil seleksi di wilayah Kepulauan Meranti, Riau dengan karakter buah masak berwarna merah berukuran besar



Gambar 1. Perbandingan ukuran buah masak antara tiga spesies kopi: a) *C. canephora* var *robusta*, b) *C. arabica*, dan c) *C. liberica* hasil penyerbukan dalam spesies

Pengukuran Karakter Morfometrik

Buah masak dipanen secara terpisah dari masing-masing kombinasi penyerbukan. Pengukuran karakter morfometrik dilakukan terhadap setiap individu buah yang dipanen menggunakan alat timbangan saku digital dan sigmat digital. Variabel pengamatan meliputi bobot per buah, panjang buah (P),

lebar buah (L), dan tebal buah (T). Volume buah (V) dihitung berdasarkan persamaan $V=\pi/6 \times P \times L \times T$ (Buitrago-Osorio et al., 2022). Buah kemudian dimasukkan ke dalam wadah berisi air untuk memisahkan buah yang mengapung dan yang tenggelam sehingga persentase (%) keduanya dapat dihitung. Selanjutnya, buah dikupas secara manual

menggunakan tangan untuk memisahkan biji dari kulit buahnya, kemudian dihitung persentase (%) biji ganda dan biji tunggal.

Biji kopi yang baru dipisahkan dari kulit buah selanjutnya dimasukkan ke dalam wadah berisi air untuk mengetahui persentase (%) biji mengapung dan biji tenggelam. Biji dibiarkan terendam dalam air selama 24 jam untuk mempermudah pembersihan lapisan lendir yang menempel pada biji. Setelah biji dibersihkan dari lendir yang menempel serta dicuci bersih selanjutnya dikering anginkan selama 3 hari. Pengukuran karakter morfometrik biji kemudian dilakukan, meliputi karakter panjang biji, lebar biji, dan tebal biji.

Analisis Data

Nilai tengah karakter morfometrik buah dan biji hasil kombinasi penyerbukan antar spesies ($A \times C$, $A \times L$, $C \times A$ dan $L \times A$) dibandingkan dengan nilai tengah tetua betina hasil penyerbukan dalam spesies yang sama ($A \times A$, $C \times C$, dan $L \times L$). Perbandingan menggunakan uji-t untuk dua sampel saling independen dengan rumus sebagai berikut (M. Xu *et al.*, 2017):

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\left(\frac{(N_1 - 1)s_1^2 + (N_2 - 1)s_2^2}{N_1 + N_2 - 2}\right) \left(\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2}\right)}}$$

Keterangan:

t = nilai t hitung

\bar{X}_1 = nilai tengah sampel untuk penyerbukan antar spesies kopi

\bar{X}_2 = nilai tengah sampel untuk penyerbukan dalam spesies kopi

N_1 = jumlah sampel hasil penyerbukan antar spesies kopi

N_2 = jumlah sampel hasil penyerbukan dalam spesies kopi

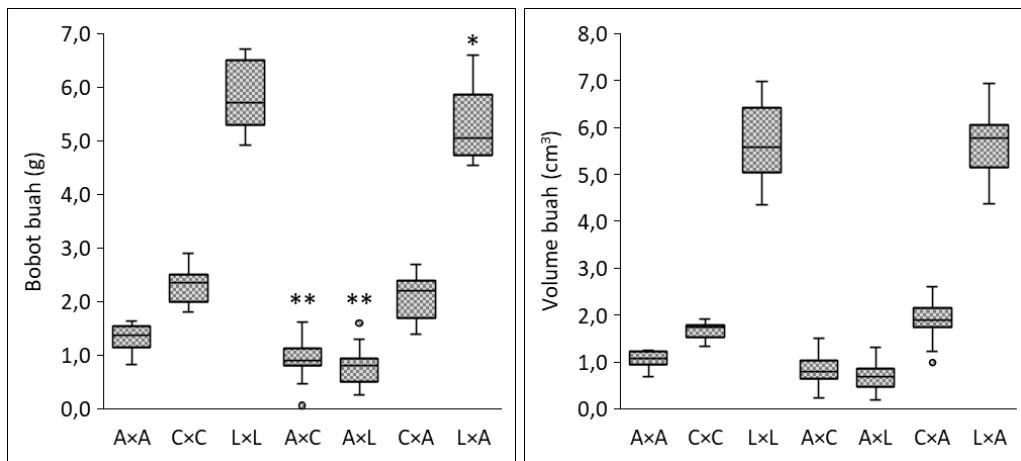
S_1 = varians sampel untuk penyerbukan antar spesies kopi

S_2 = varians sampel untuk penyerbukan dalam spesies kopi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perubahan Bobot dan Ukuran Buah

Hasil penelitian menunjukkan adanya perbedaan pengaruh antara kombinasi penyerbukan dengan ekses maternal ($A \times C$ dan $A \times L$) dan dengan ekses paternal ($C \times A$ dan $L \times A$) terhadap karakteristik morfometrik buah dan biji. Bobot buah untuk kombinasi $A \times C$ dan $A \times L$ nyata lebih ringan dibandingkan dengan kombinasi $A \times A$. Hal serupa ditunjukkan oleh karakter volume buah yang nyata lebih kecil. Namun demikian, tidak terjadi perubahan pada bentuk buah. Di sisi lain, kombinasi penyerbukan $C \times A$ menghasilkan buah dengan bobot dan volume yang tidak berbeda nyata dengan penyerbukan dalam spesies $C \times C$. Hal serupa ditunjukkan oleh kombinasi $L \times A$ yang menghasilkan buah dengan volume yang tidak berbeda nyata dengan kombinasi $L \times L$, meskipun bobotnya nyata lebih ringan



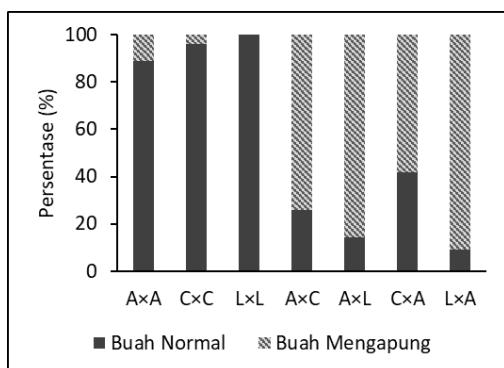
Gambar 2. Boxplot perbandingan bobot dan volume buah tiga spesies kopi yang diserbuki polen dari spesies yang sama ($A \times A$, $C \times C$, dan $L \times L$) dan dari spesies yang berbeda, baik dengan ekses maternal ($A \times C$ dan $A \times A$) maupun ekses paternal ($C \times A$ dan $L \times A$). Keterangan: * dan ** masing-masing berbeda nyata dibandingkan dengan nilai tetua betina A, C, atau L pada taraf $\alpha = 0,05$ dan $\alpha = 0,01$ berdasarkan uji-t.

Perbedaan pengaruh tersebut dapat dinilai penting dari sisi agronomis. Ketika spesies *C. arabica* diserbuki polen yang berasal dari spesies kerabat yang bersifat diploid, yaitu *C. canephora* dan *C. liberica*, ukuran buah yang dihasilkan jauh lebih kecil dan bobotnya jauh lebih ringan. Dengan kata lain, kombinasi penyerbukan antar spesies kopi dengan ekses maternal ($4x \times 2x$) menyebabkan reduksi ukuran dan bobot buah. Sebaliknya, ketika *C. arabica* berperan sebagai sumber polen yang menyerbuki spesies kerabat yang bersifat diploid, yaitu *C. canephora* dan *C. liberica*, tidak terjadi perubahan yang nyata pada ukuran dan bobot buah. Dengan demikian, kombinasi penyerbukan antar spesies kopi dengan ekses paternal ($2x \times 4x$) tidak berpengaruh nyata terhadap bobot dan ukuran buah. Karakter tersebut ditentukan oleh kemampuan proliferasi inti endosperma syncytial dan pembelahan sel-sel endosperma (Song *et al.*, 2021). Kemampuan tersebut menentukan jumlah sel-sel endosperma yang terbentuk dan pada akhirnya menentukan ukuran buah dan biji (G. Xu & Zhang, 2023).

Proses selularisasi endosperma berlangsung terlalu dini pada kombinasi penyerbukan dengan ekses maternal sehingga biji dan buah yang terbentuk berukuran lebih kecil. Sebaliknya, pada kombinasi penyerbukan dengan ekses paternal proses proliferasi endosperma berlangsung lebih lambat sehingga ukuran buah dan biji berukuran lebih besar. Fenomena tersebut memunculkan konsep konflik parental, yaitu efek inhibitif dimiliki oleh genom maternal sedangkan efek promotif ditentukan oleh genom paternal. Jika efek inhibitif genom maternal lebih kuat maka buah dan biji yang dihasilkan berukuran lebih kecil. Sebaliknya, jika pengaruh promotif genom paternal lebih kuat maka ukuran buah dan biji lebih besar (He *et al.*, 2020). Genom *C. arabica* diduga memiliki efek inhibitif lebih kuat, sedangkan genom *C. canephora* dan *C. liberica* memiliki efek pomotif lebih kuat. Dengan demikian, arah penyerbukan antar spesies kopi dengan ekses paternal ($2x \times 4x$) lebih baik berdasarkan ukuran buah dan biji.

Abnormalitas pada Buah dan Biji

Pengaruh penyerbukan antar spesies kopi juga dapat dilihat dari abnormalitas yang terjadi pada buah. Salah satu teknik yang paling mudah dilakukan adalah dengan cara merendam buah kopi dalam wadah berisi air. Buah yang tenggelam merupakan buah yang normal, sedangkan yang mengapung dapat dijadikan sebagai indikator abnormalitas (Reta *et al.*, 2021). Hasil penelitian menunjukkan persentase buah mengapung pada kombinasi penyerbukan antar spesies, baik dengan ekses maternal maupun ekses paternal jauh lebih tinggi dibandingkan kombinasi penyerbukan dalam spesies (Gambar 3). Hal ini menunjukkan bahwa abnormalitas buah kopi yang dihasilkan dari penyerbukan antar spesies jauh lebih tinggi. Oleh sebab itu, secara agronomis tidak disarankan untuk menanam kopi secara campur atau berdekatan antara spesies *C. arabica* dengan spesies kerabat yang bersifat diploid.



Gambar 3. Perbandingan persentase buah normal dan mengapung

Buah mengapung pada kopi mengindikasikan adanya ruang kosong berisi udara di dalamnya. Hal ini berkaitan dengan fenomena biji kopong atau biji hampa, yaitu biji yang mengalami kerusakan atau bahkan sama sekali tidak terdapat endosperma di dalamnya. Faktor penyebabnya dapat berupa serangan hama penggerek buah kopi

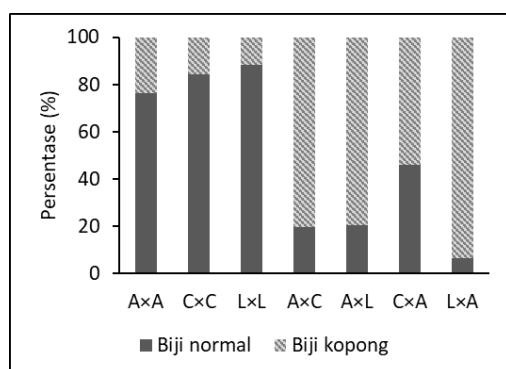
(PBKo) maupun kegagalan pembentukan endosperma akibat ketidakseimbangan genom pada gamet tetua betina dan tetua jantan. Perbedaan keduanya terlihat dari ada atau tidaknya lubang gerekan pada permukaan kulit buah kopi yang disebabkan serangga *Hypothenemus hampei* Ferr (Erfan *et al.*, 2019). Tidak terlihat lubang gerekan pada buah hampa hasil persilangan antar spesies kopi tersebut sehingga dapat dipastikan bukan faktor serangan hama PBKo.

Endosperma biji pada umumnya triploid (3x) sebagai hasil pembuahan ganda antara sel gamet jantan haploid (1x) dengan sel inti polar dihaploid (2x) sehingga komposisi genomnya 2m : 1p. Namun demikian, dalam kasus kombinasi penyerbukan dengan ekses maternal, sel gamet jantan 1x dari tetua diploid membuat sel inti polar 4x pada tetua betina tetraploid. Di sisi lain pada kasus kombinasi penyerbukan dengan ekses paternal, sel gamet jantan 2x dari tetua jantan tetraploid membuat sel inti polar 2x pada tetua betina diploid. Kedua kombinasi tersebut menghasilkan sel dengan komposisi genom yang menyimpang dari 2m : 1p. Penyimpangan tersebut diketahui menyebabkan kegagalan dalam proses selularisasi maupun pembelahan sel-sel endosperm. Akibatnya, endosperm biji tidak dapat berkembang secara normal (Brukhin, 2017).

Kegagalan pembentukan endosperma menyebabkan fenomena biji kopong atau biji hampa pada tanaman kopi. Biji kopong sepintas normal secara visual, tetapi ketika kulit tanduk yang keras dikupas tidak terlihat endosperma di dalamnya (Dani *et al.*, 2024). Hal ini menegaskan pengaruh polen dari paternal hanya berpengaruh terhadap jaringan endosperma, tetapi tidak berpengaruh terhadap jaringan maternal di

sekitarnya. Dalam penelitian ini diketahui persentase biji kopong jauh lebih tinggi pada kombinasi penyerbukan antar spesies kopi dengan ekses maternal maupun paternal dibandingkan dengan penyerbukan dalam spesies (Gambar 4).

Fenomena abnormalitas lainnya yang seringkali ditemukan adalah terbentuknya buah berbiji tunggal (*peaberry*). Pada kondisi normal, buah kopi berisi dua biji yang berasal dari pembuahan dan perkembangan dua ovulum. Namun demikian, pada kondisi abnormal hanya salah satu ovulum yang berhasil dibuahi dan selanjutnya berkembang menjadi biji tunggal. Bentuk biji kopi tunggal berbeda dibandingkan dengan biji kopi ganda sehingga dalam proses biji perlu dipisahkan (Gope & Fukai, 2022).

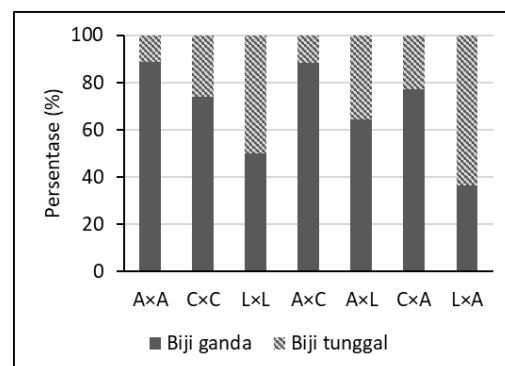


Gambar 4. Perbandingan persentase biji normal dan biji kopong

Hasil pengamatan menunjukkan persentase buah berbiji tunggal bervariasi antar spesies kopi. Kopi Liberika memiliki persentase buah berbiji tunggal paling tinggi, diikuti oleh jenis Robusta dan Arabika. Kombinasi penyerbukan antar spesies kopi, baik dengan ekses maternal maupun paternal, menghasilkan buah berbiji tunggal dengan persentase yang juga beragam. Kombinasi LxA menunjukkan persentase buah berbiji tunggal paling tinggi, diikuti kombinasi AxC, CxA, dan AxA. Tidak terlihat

perbedaan yang mencolok antara kombinasi penyerbukan antar spesies dengan kombinasi penyerbukan dalam spesies (Gambar 5)

Menurut (Ram *et al.*, 1990) biji kopi tunggal tidak terkait dengan sumber polen dalam penyerbukan antar spesies, melainkan adanya kelainan dalam proses megasporogenesis. Kelainan tersebut menyebabkan hanya salah dari dua sel megaspora yang berkembang menjadi satu ovulum. Kesimpulan tersebut selaras dengan hasil yang diperoleh dalam penelitian ini. Persentase biji kopi tunggal yang dihasilkan dari kombinasi penyerbukan antar spesies kopi tidak jauh berbeda dibandingkan dengan hasil kombinasi penyerbukan dalam spesies (Gambar 5). Hal ini menunjukkan bahwa penyerbukan antar spesies kopi, baik dengan ekses maternal maupun paternal tidak berpengaruh terhadap persentase biji tunggal. Konstitusi genetik tetua betina lebih menentukan seberapa besar persentase biji kopi tunggal yang dihasilkan.



Gambar 5. Perbandingan persentase buah berbiji ganda (normal) dan berbiji tunggal (*peaberry*)

Peningkatan persentase buah berbiji tunggal secara signifikan baru terlihat pada generasi hibrida F¹ hasil persilangan antar spesies kopi. Hasil penelitian Yilma & Kufa (2020) menunjukkan persentase buah berbiji

tunggal pada hibrida F¹ hasil persilangan antar spesies kopi dapat mencapai dua kali lipat dibandingkan dengan galur tetuanya.

SIMPULAN

1. Penyerbukan antar spesies kopi dengan ekses maternal (*C. arabica* × *C. canephora* dan *C. arabica* × *C. canephora*) mengakibatkan penurunan bobot dan ukuran buah.
2. Penyerbukan antar spesies kopi dengan ekses maternal maupun paternal (*C. canephora* × *C. arabica* dan *C. libericaa* × *C. arabica*) menyebabkan kegagalan yang tinggi dalam pembentukan endosperma biji sehingga mengakibatkan sebagian besar biji kopong.
3. Penyerbukan antar spesies kopi dengan ekses maternal maupun paternal tidak berpengaruh terhadap pembentukan buah berbiji tunggal (*peaberry*).

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar (saat ini Balai Perakitan dan Pengujian Tanaman Industri dan Penyegar) yang telah mengijinkan penulis untuk memanfaatkan koleksi tanaman kopi (Arabika, Robusta, dan Liberika) sebagai bahan persilangan antar spesies.

DAFTAR PUSTAKA

- Batista, R. A., Figueiredo, D. D., Santos-González, J., & Köhler, C. (2019). Auxin regulates endosperm cellularization in *Arabidopsis*. *Genes and Development*, 33(7–8), 466–476. <https://doi.org/10.1101/gad.316554.1>
- 18

Namun demikian, karakter buah berbiji tunggal pada tanaman kopi tersebut merupakan sifat yang tidak diwariskan.

- Buitrago-Osorio, J., Tinoco, H. A., Perdomo-Hurtado, L., Rincon-Jimenez, A., Ocampo, O., Berrio, L. V., Pineda, M. F., & Lopez-Guzman, J. (2022). Physical-mechanical characterization of coffee fruits *Coffea arabica* L. var. Castillo classified by a colorimetry approach. *Materialia*, 21. <https://doi.org/10.1016/j.mtla.2022.101330>

- Cao, Y., Huang, L., Li, S., & Yang, Y. (2002). Genetics of ploidy and hybridized combination types for polyploid breeding in pear. *Acta Hortic.*, 587, 207–210.

- Dani, Purwoko, B. S., Wahyu, Y., Syukur, M., & Syafaruddin. (2024). Hybrid seed success of *Coffea canephora* x *C. arabica* interspecific heteroploid crossing direction. *SABRAO J. Breed. Genet.*, 56(3), 1012–1021. <https://doi.org/10.54910/sabraw2024.56.3.10>

- Erfan, M., Purnomo, H., & Haryadi, N. T. (2019). Siklus hidup penggerek buah kopi (*Hypothenemus hampei* Ferr.) pada perbedaan pakan alami buah kopi dan pakan buatan. *Berkala Ilmiah Pertanian*, 2(2), 82. <https://doi.org/10.19184/bip.v2i2.16176>

- Gimase, J. M., Omondi, C. O., & Kathurima, C. W. (2015). Coffee improvement by interspecific hybridization : A review. *J. Agric. Crop Res.*, 3(3), 41–46.

- Gomez, C., Despinoy, M., Hamon, S., Hamon, P., Salmon, D., Akaffou, D. S., Legnate, H., De Kochko, A., Mangeas, M., & Poncet, V. (2016). Shift in precipitation regime promotes interspecific hybridization of introduced *Coffea* species. *Ecology and Evolution*, 6(10),

- 3240–3255.
<https://doi.org/10.1002/ece3.2055>
- Gope, H. L., & Fukai, H. (2022). Peaberry and normal coffee bean classification using CNN, SVM, and KNN: Their implementation in and the limitations of Raspberry Pi 3. *AIMS Agriculture and Food*, 7(1), 149–167. <https://doi.org/10.3934/AGRFOOD.2022010>
- He, H., Yokoi, S., & Tezuka, T. (2020). A high maternal genome excess causes severe seed abortion leading to ovary abscission in Nicotiana interploidy-interspecific crosses. *Plant Direct*, 4(8). <https://doi.org/10.1002/pld3.257>
- House, C., Roth, C., Hunt, J., & Kover, P. X. (2010). Paternal effects in *Arabidopsis* indicate that offspring can influence their own size. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 277(1695), 2885–2893. <https://doi.org/10.1098/rspb.2010.0572>
- Hulupi, R., Nugroho, D., & Yusianto, dan. (2013). Keragaan beberapa varietas lokal kopi Arabika di dataran tinggi Gayo Keragaan Beberapa Varietas Lokal Kopi Arabika di Dataran Tinggi Gayo Performance of Some Arabica Coffee Local Varieties from Gayo Highland. In *Pelita Perkebunan* (Vol. 29, Issue 2).
- Lafon-Placette, C., & Köhler, C. (2016). Endosperm-based postzygotic hybridization barriers: developmental mechanisms and evolutionary drivers. In *Molecular ecology* (Vol. 25, Issue 11, pp. 2620–2629). Blackwell Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1111/mec.13552>
- Marcel, H., Javier, M. G. J., Emilio, C., Roman, H., & Jose Luis, R. L. (2024). Seed shape and size of *Silene latifolia*, differences between sexes, and influence of the parental genome in hybrids with *Silene dioica*. *Frontiers in Plant Science*, 15. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1297676>
- Ram, S. A., Sreenivasan, M. S., & Ramaiah, P. K. (1990). A study of peaberry development: Its implications in coffee breeding. *J. Coffee Res*, 20(1), 69–76.
- Reta, Dahlia, Sumule, O., & Larekeng, H. (2021). Penerapan teknik panen dan pascapanen Kopi Kalosi produk unggulan Kabupaten Enrekang. *Jurnal Dinamika Pengabdian*, 6(2), 341–348.
- Setotaw, T. A., Caixeta, E. T., Zambolim, E. M., Sousa, T. V., Pereira, A. A., Baião, A. C., Cruz, C. D., Zambolim, L., & Sakiyama, N. S. (2020). Genome Introgression of Híbrido de Timor and Its Potential to Develop High Cup Quality *C. arabica* Cultivars. *Journal of Agricultural Science*, 12(4), 64. <https://doi.org/10.5539/jas.v12n4p64>
- Silva, M. D. C., Guerra-Guimarães, L., Diniz, I., Loureiro, A., Azinheira, H., Pereira, A. P., Tavares, S., Batista, D., & Várzea, V. (2022). An Overview of the Mechanisms Involved in Coffee-Hemileia vastatrix Interactions: Plant and Pathogen Perspectives. *Agronomy*, 12(2). <https://doi.org/10.3390/agronomy12020326>
- Song, J., Xie, X., Cui, Y., & Zou, J. (2021). Endosperm–embryo communications: Recent advances and perspectives. In *Plants* (Vol. 10, Issue 11). MDPI. <https://doi.org/10.3390/plants10112511>
- Teixeira, A. L., Souza, F. de F., Pereira, A. A., de Oliveira, A. C. B., & Rocha, R. B. (2015). Selection of arabica coffee progenies tolerant to heat stress. *Ciencia Rural*, 45(7), 1228–1234. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20130317>

- Xu, G., & Zhang, X. (2023). Mechanisms controlling seed size by early endosperm development. *Seed Biology*, 2. <https://doi.org/10.48130/SeedBio-2023-0001>
- Xu, M., Fralick, D., Zheng, J. Z., Wang, B., Tu, X. M., & Feng, C. (2017). The differences and similarities between two-sample t-test and paired t-test.
- Shanghai Archives of Psychiatry*, 29(3), 184–188.
<https://doi.org/10.11919/j.issn.1002-0829.217070>
- Yilma, A., & Kufa, T. (2020). Coffee peaberry as a potential seed source for production. *International Journal of Research Studies in Science, Engineering and Technology*, 7(9), 30. <https://www.researchgate.net/publication/346909687>