

INTENSITAS SERANGAN Penggerek Buah Kopi (*Hypothenemus hampei*) DI BEBERAPA WILAYAH PERKEBUNAN KOPI DI KABUPATEN BANDUNG

INTENSITY OF COFFEE BERRY BORER (*Hypothenemus hampei*) (Ferrari) ATTACKS IN SEVERAL AREAS IN BANDUNG REGENCY

Pitri Pebriani¹, Yani Maharani^{2*}, Lindung Tri Puspasari², Dedi Hutapea³

¹ Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran, Kabupaten Sumedang, Indonesia

² Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran, Kabupaten Sumedang, Indonesia

³ Pusat Riset Hortikultura, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN), Kabupaten Bogor, Indonesia

*Corresponding Author. Email address: yani.maharani@unpad.ac.id

ARTICLE HISTORY:

Received: 20 August 2024

Peer Review: 7 October 2024

Accepted: 11 July 2025

KEYWORDS:

Berries damage, climate, highland, PCA, temperature changes.

KATA KUNCI:

Dataran tinggi, iklim, kerusakan buah, PCA, perubahan suhu.

ABSTRACT

Coffee Berry Borer (CBB), *Hypothenemus hampei* (Ferrari) is the main pest in coffee plantations. Initially, CBB attacks were only on lowland coffee (0-700 m asl), but currently highland coffee (above 1000 m asl) is not spared from this pest attack. The purpose of this study was to examine the intensity of CBB in several coffee plantation areas in Bandung Regency. Samples were taken from three coffee-producing locations, i.e., Cilengkrang District, Cimaung District, and Pangalengan District. Sampling using brocap traps and attack intensity through direct observation of the affected fruit. The identification was conducted at the Pest Laboratory, Faculty of Agriculture, Universitas Padjadjaran. Climatic conditions were recorded during the sampling period from July 2023 to June 2024. The results showed that the level of CBB infestation in coffee plantations in Bandung Regency was relatively low, with the highest infestation in the Cilengkrang area (21.36%), followed by Cimaung (13.09%), and the lowest in Pangalengan (8.32%). The catch of CBB in the Cilengkrang area showed the largest number, an average of 974,2 individuals per trap and the ratio of male to female sex is 1:10. In coffee fruits, the most common were larvae stage, averaging 5.93 individuals per berry. Coffee berry damage was generally higher in red fruits than in yellow and green fruits, even though the damaged seeds were only partially affected. PCA analysis indicated that humidity and temperature had a more influential impact on the intensity of CBB in comparison to other factors.

ABSTRAK

Penggerek buah kopi (PBKo), *Hypothenemus hampei* (Ferrari) hama utama pada pertanian kopi. Pada mulanya, serangan PBKo hanya pada kopi dataran rendah (0-700 mdpl), namun saat ini kopi dataran tinggi (diatas 1000 mdpl) tidak luput dari serangan hama ini. Tujuan dari penelitian ini yaitu mengkaji intensitas serangan PBKo pada beberapa wilayah perkebunan kopi di Kabupaten Bandung. Sampel diambil dari tiga lokasi penghasil kopi yaitu Kecamatan Cilengkrang, Kecamatan Cimaung, dan Kecamatan Pangalengan. Pengambilan sampel menggunakan trap brocap dan intensitas serangan melalui pengamatan langsung pada buah yang terserang. Identifikasi dilakukan di Laboratorium Hama Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran. Kondisi iklim dicatat selama pengambilan sampel yaitu dari bulan Juli 2023-Juni 2024. Berdasarkan hasil pengamatan, intensitas serangan PBKo di Perkebunan kopi wilayah Kabupaten Bandung tergolong rendah, dengan intensitas serangan paling tinggi terdapat di wilayah Cilengkrang (21.36%), kemudian Cimaung (13.09%) dan paling rendah di Pangalengan (8.32%). Hasil tangkapan PBKo di wilayah Cilengkrang menunjukkan jumlah yang terbanyak, rata-rata 974,2 individu per trap dan perbandingan nisbah kelamin jantan: betina yaitu 1: 10. Stadia PBKo yang paling banyak ditemukan ialah larva dengan rata-rata 5,93 individu per buah dan tingkat kerusakan tertinggi umumnya pada buah berwarna merah dibandingkan buah berwarna kuning dan hijau walaupun biji yang rusak hanya sebagian. Hasil analisis PCA menunjukkan bahwa temperatur dan kelembapan berpengaruh lebih kuat terhadap intensitas serangan PBKo dibandingkan faktor lainnya.

1. PENDAHULUAN

Tanaman kopi merupakan salah satu komoditas perkebunan unggulan di Indonesia karena mempunyai nilai ekonomi yang tinggi dan termasuk produk unggulan ekspor. Berdasarkan nilai ekspor hasil pertanian komoditas tanaman tahunan, kopi menduduki peringkat pertama pada tahun 2022, diikuti tanaman obat, aromatik dan rempah-rempah sebagai peringkat kedua (Badan Pusat Statistika, 2023; Adhi & Yunus, 2022). Sekitar 1,96 juta petani ikut terdampak dari komoditas kopi yang membuat meningkatnya kesejahteraan petani, selain itu nilai jual kopi juga menjadi sumber pendapatan bagi negara dalam bentuk devisa (Rasiska *et al.*, 2022 ; Okim *et al.*, 2022).

Provinsi Jawa Barat khususnya daerah Kabupaten Bandung merupakan salah satu sentra penghasil kopi arabika di Indonesia. Kabupaten ini memiliki tanaman kopi menghasilkan (TM) seluas 8.742 hektar, tanaman belum menghasilkan (TBM) 5.168 hektar (Dinas Perkebunan Provinsi Jawa Barat, 2022). Produksi kopi di Kabupaten Bandung mencapai 7.825,00 ton pada tahun 2021 (Badan Pusat Statistika, 2021). Oleh sebab itu, Kabupaten Bandung disebut sebagai penghasil utama kopi di Provinsi Jawa Barat (Djuwendah *et al.*, 2019).

Produksi kopi dari tahun ke tahun mengalami fluktuasi, bahkan hal ini juga menyebabkan turunnya ketersediaan kopi sebagai komoditas ekspor. Salah satu faktor penyebab penurunan produksi kopi adalah serangan hama. Penggerek buah kopi (PBKo), *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae) merupakan hama utama pada tanaman kopi yang menyebabkan buah kopi menjadi berlubang, busuk, bahkan rontok sebelum panen (Cure *et al.*, 2020 ; Toro-Zapata *et al.*, 2021). Laporan kerusakan dari berbagai negara produsen kopi menyebutkan penggerek buah kopi ini dapat mengakibatkan kehilangan hasil sebesar 96% di negara-negara Afrika Timur (Kidanu, 2020), Hawaii dan Puerto Rico 20-30% (Aristizábal *et al.*, 2023), Uganda 80% dan Tanzania 90% (Jonsson *et al.*, 2015). Hama ini juga endemik di Afrika Tengah (Vega *et al.*, 1999), kemudian menyebar ke berbagai negara di sekitar yang menyebabkan kerusakan tinggi pada buah kopi yang dihasilkan (Johnson *et al.*, 2020).

Selain memiliki kemampuan terbang, penyebaran PBKo ke berbagai daerah bahkan negara dapat terjadi melalui perdagangan produk biji kopi yang belum melalui proses sangrai atau giling (Hollingsworth *et al.*, 2013). Pertama kali penggerek buah kopi dilaporkan di Indonesia keberadaannya di pulau Jawa pada tahun 1909 hingga akhirnya menyebar ke seluruh daerah penghasil kopi di Indonesia (Dufour *et al.*, 2021). PBKo melakukan aktifitas berupa pembuatan liang gerakan untuk mereka berlindung dan berkembang biak (Constantino *et al.*, 2021). Biji kopi yang sudah terserang oleh PBKo menjadi berbubuk dan dapat mengurangi rasa dan kualitas kopi itu sendiri.

Keberadaan dan tingkat intensitas serangan PBKo tidak terlepas dari sistem budi daya kopi yang dilakukan oleh petani setempat. Umumnya petani melakukan produksi kopi dengan dua sistem budi daya yaitu budi daya kopi di bawah naungan dan budi daya tanpa naungan (sinar matahari penuh). Kopi di bawah naungan ialah sistem yang dikembangkan karakteristik lingkungannya dibuat mirip dengan hutan atau semihutan (Soto-pinto *et al.*, 2001). Sementara kopi pada sinar matahari penuh ditanam tanpa adanya tanaman peneduh di atas tanaman kopi, sehingga tanaman kopi memperoleh sinar matahari penuh (Cassamo *et al.*, 2023 ; Koutouleas *et al.*, 2022). Data yang terkumpul dari 19 negara menunjukkan bahwa 41% area kopi dikelola dengan sinar matahari penuh, 35% dengan naungan jarang dan 24% dengan naungan beragam (Jha *et al.*, 2014).

Sistem budi daya memberikan berbagai macam manfaat bagi tanaman kopi yang di tanam. Menurut Borkhataria *et al.*, (2012) budi daya kopi yang paling baik adalah sistem naungan, sebab budi daya ini memberi banyak manfaat ekologis dan mendukung konservasi keanekaragaman hayati. Pada kopi dengan sistem naungan menurut Mariño *et al.*, (2016) dapat melindungi tanaman dari efek perubahan iklim dan juga mengurangi serangan hama PBKo. Hanya saja keterbatasan tanaman pelindung menyebabkan beberapa area pertanaman kopi memilih sistem budi daya kopi terbuka (tanpa naungan).

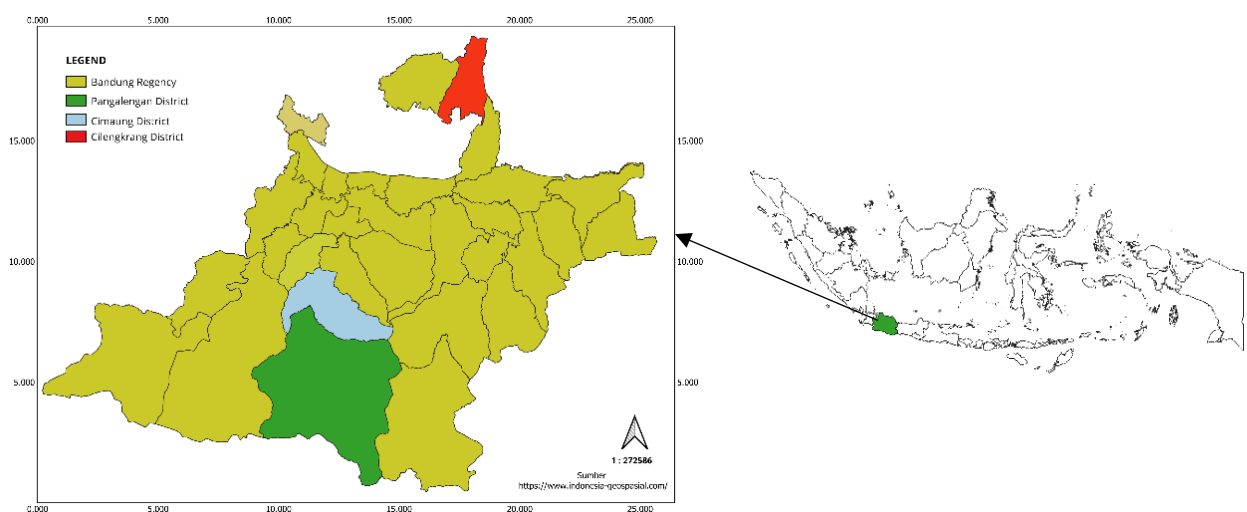
Tingginya permintaan kopi arabika untuk diperdagangkan di pasar global (arabika 60% dan robusta 40%) mendorong perluasan areal penanaman kopi arabika tanpa memperhatikan sistem pengelolaannya (Bilen *et al.*, 2023). Menurut Jha *et al.*, (2014) sistem pengelolaan kopi sinar matahari penuh menjadi pilihan utama para petani kopi di Negara Vietnam, Indonesia dan Thailand pada penanaman kopi baru. Penanaman kopi yang menerapkan sistem sinar matahari penuh rentan akan resiko akibat adanya perubahan iklim. Perubahan iklim berdampak pada produksi kopi (Weldemichael, 2019). Produsen kopi terbesar yaitu Brazil mengalami banyak kerugian akibat tanaman kopi terdampak perubahan iklim, pada tahun 2021 terjadi penurunan hasil hampir 25% bahkan ada indikasi kedepannya akan terjadi penurunan hasil hingga 60% (Dias *et al.*, 2024). Serangan PBKo juga diprediksi akan semakin meningkat akibat terjadinya peningkatan suhu, sehingga dapat mengganggu produksi kopi (Moreno-Ramirez *et al.*, 2024). Pada mulanya serangan PBKo hanya terjadi pada kopi dataran rendah hingga menengah (0-700 mdpl) dengan suhu harian berkisar pada 20-33 °C (Soesanthy *et al.*, 2015). Namun saat ini, keberadaan PBKo hampir menyebar di seluruh jenis kopi serta berbagai ketinggian tempat, termasuk kopi di dataran tinggi (diatas 1000 mdpl). Fenomena ini dapat terjadi akibat adanya perubahan iklim yang menyebabkan naiknya suhu lingkungan.

Penanaman kopi dengan sistem matahari penuh telah di terapkan oleh para petani pada beberapa wilayah di Kabupaten Bandung. Oleh sebab itu, penelitian mengenai intensitas serangan PBKo perlu dilakukan untuk mengkaji tingkat serangan dan kerusakan serta faktor yang mempengaruhi serangan hama PBKo. Tujuan di lakukannya penelitian ini yaitu untuk mengetahui intensitas serangan penggerek buah kopi serta pengaruh faktor lingkungannya pada perkebunan kopi di Kabupaten Bandung. Hasil penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi dalam menentukan manajemen pengelolaan kopi terhadap serangan PBKo, khususnya kopi arabika di Kabupaten Bandung.

2. BAHAN DAN METODE

2.1 Tempat dan Waktu

Penelitian dilaksanakan di pertanaman kopi rakyat di Kabupaten Bandung, Provinsi Jawa Barat pada bulan Juni 2023 sampai Juli 2024. Sampel diambil dari tiga Kecamatan yang menjadi lokasi penelitian yaitu Kecamatan Pangalengan (-7°10' 26.514" S, 107° 33' 20.046" E), Kecamatan Cimaung (-7° 8' 12.75" S, 107° 35' 13.32" E), dan Kecamatan Cilengkrang (6°52'00.1" S, 107°42'40.9" E) (Gambar 1).



Gambar 1. Lokasi Penelitian

2.2 Penentuan Petak Contoh

Pada setiap lokasi perkebunan kopi memiliki kriteria minimal luas lahan minimal 2500 m² serta tanaman kopi tersebut tidak memiliki naungan yang dipilih dengan metode *purposive sampling* berdasarkan keadaan tanaman kopi yang sedang berbuah. Pada lahan dengan kesesuaian kriteria tersebut, selanjutnya dibagi menjadi 5 plot yang berukuran 10 m × 10 m dengan jarak antar plot berkisar 20-50 m (Arsi *et al.*, 2023 ; Kemp & Ellis, 2017). Populasi tanaman kopi pada setiap plot rata-rata berjumlah 25 tanaman kopi.

2.3 Variabel Pengamatan

2.3.1 Populasi penggerek buah kopi (PBko)

Populasi penggerek buah kopi diamati menggunakan perangkap. Pemasangan perangkap penggerek buah kopi dilakukan mengikuti metode yang dikembangkan oleh Rasiska *et al.* (2022). Perangkap atraktan imago penggerek buah kopi mengandung bahan aktif Ethanol 250g/l yang sudah banyak dijual bebas di pasaran, pemasangan perangkap dilakukan pada setiap lokasi pengamatan dengan jumlah 4 perangkap per lokasi sampel yang peletakkannya sesuai arah mata angin, yaitu arah barat, timur, utara dan selatan dengan jarak antar perangkap 40-60 m (Vilchez-Mendoza *et al.*, 2024). Perangkap dipasang pada tiang bambu dengan tinggi 1,5 m atau sejajar dengan permukaan tanaman kopi (Ruiz-Diaz & Rodrigues, 2021). Pengambilan imago penggerek buah kopi yang terperangkap dilakukan setiap minggu selama 5 minggu pengamatan.

2.3.2 Intensitas serangan

Pengamatan intensitas serangan mengikuti metode penelitian (Rasiska *et al.*, 2022 ; Asfaw *et al.*, 2019). Terdapat 5 plot pengamatan pada ketiga lokasi penelitian, setiap plot diamati sebanyak 4 pohon kopi yang dijadikan sampel setiap minggunya pengamatan ini berlangsung selama 5 minggu sehingga total tanaman kopi yang di amati berjumlah 20 tanaman. Pengamatan intensitas serangan PBKo dilakukan pada ranting tanaman kopi pada 4 sisi mengikuti 4 arah mata angin (utara, timur, barat dan selatan). intensitas serangan dihitung dengan rumus Carvalho *et al.*, (2023) :

$$\text{Intensitas serangan} = \frac{\text{Total buah yang terserang}}{\text{Total buah kopi}} \times 100\% \quad (1)$$

Kriteria intensitas serangan buah kopi mengikuti (Reid & Mansingh, 1985 ; Siregar *et al.*, 2023) sebagai berikut: Rendah: kerusakan buah kurang dari 25%; Sedang: kerusakan buah antara 25-50%; Berat: kerusakan buah lebih dari 50%.

2.3.3 Nisbah kelamin PBKo dan Tingkat keparahan kerusakan buah kopi

Buah kopi yang terserang PBKo dari lapangan di masukan pada box plastik berukuran 10 cm × 20 cm yang sudah di beri lubang untuk ruang udara, setiap lokasi penelitian diambil sebanyak 150 buah kopi yang terserang PBKo dan selanjutnya dibawa ke laboratorium untuk dilakukan pembedahan dengan pisau bedah. Dari buah kopi yang terserang tersebut dihitung jumlah semua perkembangan PBKo dari fase telur, larva, pupa dan jantan/betina (dewasa), selain itu klasifikasi kematangan buah (merah, kuning dan hijau) turut diamati hal tersebut mengacu kepada Mariño *et al.*, (2016) dengan beberapa modifikasi. Tingkat keparahan kerusakan buah kopi juga menjadi objek penelitian dengan membelah buah kopi dari sample tersebut untuk mengetahui tingkat kerusakan buah kopi yang mana tingkat kerusakan tersebut terdiri dari dua, yaitu 1 untuk kerusakan satu keping biji dan 2 untuk dua keping biji kopi yang rusak oleh PBKo (seperti pada Gambar 2) (Bagny Beilhe *et al.*, 2020).



Gambar 2. Ilustrasi kerusakan pada buah kopi. (A) Satu keping dan (B) dua keping. (Dokumentasi pribadi).

Tabel 1. Faktor lingkungan

Plot	Vegetasi	Suhu (°C)	Kelembapan (%)	Umur tanaman (tahun)	Jarak tanam (meter)	Ketinggian tempat (mdpl)
1.1	5	17,64	67	7	4	1485
1.2	4	17,64	67	7	4	1485
1.3	4	17,64	67	7	4	1485
1.4	5	17,64	67	7	4	1485
1.5	3	17,64	67	7	4	1485
2.1	4	15,98	65.6	10	4	1309
2.2	3	15,98	65.6	10	4	1309
2.3	4	15,98	65.6	10	4	1309
2.4	4	15,98	65.6	10	4	1309
2.5	4	15,98	65.6	10	4	1309
3.1	1	24,15	73	6	2	1252
3.2	2	24,15	73	6	2	1252
3.3	2	24,15	73	6	2	1252
3.4	3	24,15	73	6	2	1252
3.5	3	24,15	73	6	2	1252

2.3.4 Faktor lingkungan

Beberapa faktor lingkungan yang diamati dengan menggunakan beberapa alat seperti *Hygrometer temperature meter* dan *Global positioning sytem* (GPS) serta wawancara kepada petani untuk dapat mengetahui informasi mengenai suhu, kelembapan, umur tanaman, jarak tanam, dan ketinggian tempat (Tabel 1).

2.4 Analisis Data

Data yang diperoleh di uji homogenitas terlebih dahulu selanjutnya setelah memenuhi syarat dilakukan uji Anova satu arah lalu dilakukan uji perbandingan Tukey ($p < 0,05$). Beberapa faktor lingkungan dianalisis dengan *principal component analysis* (PCA) untuk mengetahui faktor yang paling tinggi mempengaruhi intensitas serangan penggerek buah kopi, faktor yang dianalisis ialah vegetasi, temperatur, kelembapan, usia tanaman, jarak tanam dan ketinggian tempat. Analisis data menggunakan perangkat lunak statistik SPSS 23 dan R studio 4.3.3. *package ggplot2*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa intensitas serangan penggerek buah kopi, jumlah tangkapan penggerek buah kopi bervariasi antar lokasi yang dipengaruhi oleh kondisi lingkungan tanaman. Sementara itu, nisbah kelamin, tingkat keparahan kerusakan buah dan warna kerusakan buah tidak dipengaruhi lingkungan.

3.1 Populasi Penggerek Buah Kopi (PBKo)

Total tangkapan imago penggerek buah kopi selama pemasangan perangkap pada tiga lokasi disajikan pada Gambar 3. Hasil tangkapan imago penggerek buah kopi paling tinggi terdapat di lokasi Cilengkrang (rata-rata 779,4 individu per minggu) dibandingkan dengan di Cimaung (221,4 individu) dan Pangalengan (38,6 individu). Hasil dari pemasangan perangkap penggerek buah kopi selaras dengan intensitas serangan penggerek buah kopi yang ditemukan. Intensitas serangan PBKo pada wilayah pengamatan dapat dilihat pada (Tabel 2). Tingkat serangan yang tertinggi terdapat di Cilengkrang dibandingkan di daerah Cimaung dan Pangalengan. Penggunaan perangkap dapat dijadikan alat dalam pemantauan populasi hama PBKo (Pereira *et al.*, 2012). Hasil tangkapan merupakan informasi dalam melakukan pemantauan aktivitas PBKo, sehingga dapat dijadikan sebagai dasar pengambilan keputusan dalam pengendalian hama (Kidanu, 2020).

Keberhasilan perangkap penggerek buah kopi dipengaruhi oleh beberapa hal, seperti aroma yang dihasilkan berupa *attractant*, dan ketertarikan terhadap warna. Penggerek buah kopi sangat tertarik terhadap warna merah, sehingga penggunaan perangkap yang berwarna merah lebih efisien untuk menangkap penggerek buah kopi dibanding dengan warna lainnya (Carvalho *et al.*, 2023). Jumlah tangkapan penggerek buah kopi yang tinggi dapat dipengaruhi oleh waktu penerbangan penggerek buah kopi, penelitian sebelumnya mengungkapkan bahwa bulan Desember hingga Februari merupakan puncak penerbangan dari penggerek buah kopi (Johnson & Manoukis, 2021).

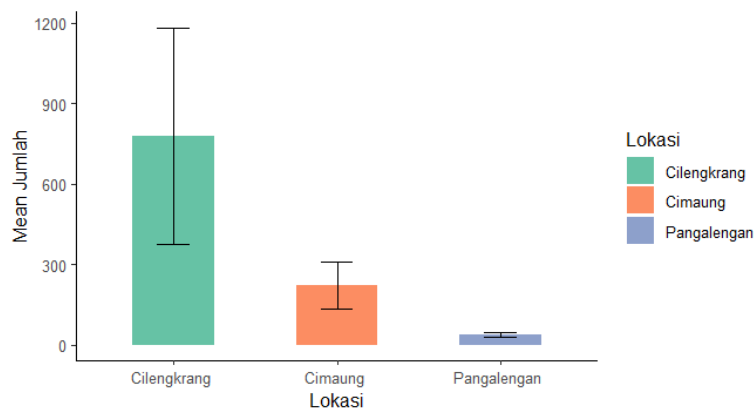
3.2 Tingkat serangan penggerek buah kopi

Intensitas serangan penggerek buah kopi pada tiga lokasi di Kabupaten Bandung menunjukkan kategori rendah (Tabel 2). Intensitas serangan tertinggi terdapat di wilayah Cilengkrang (21.36%) dibandingkan wilayah Pangalengan (8.32%) dan Cimaung (13.09%). Intensitas serangan pada ketiga lokasi tersebut bervariasi dan tingkat serangan terlihat selaras dengan populasi penggerek buah kopi hasil tangkapan perangkap yang dipasang pada ketiga lokasi yang menunjukkan perbedaan pada setiap wilayah pengamatan (Gambar 3).

Tabel 2. Intensitas Serangan Penggerek Buah Kopi pada Tiga Lokasi Berbeda di Kabupaten Bandung

Lokasi	Intensitas Serangan (%)	Kriteria Serangan
Pangalengan	8.32 b	Rendah
Cimaung	13.09 b	Rendah
Cilengkrang	21.36 a	Rendah

Keterangan: angka yang diberi huruf sama tidak berbeda berdasarkan uji lanjut Tukey HSD pada taraf nyata 0,05



Gambar 3. Jumlah tangkapan perangkap penggerek buah kopi pada tiga lokasi perkebunan di Kabupaten Bandung

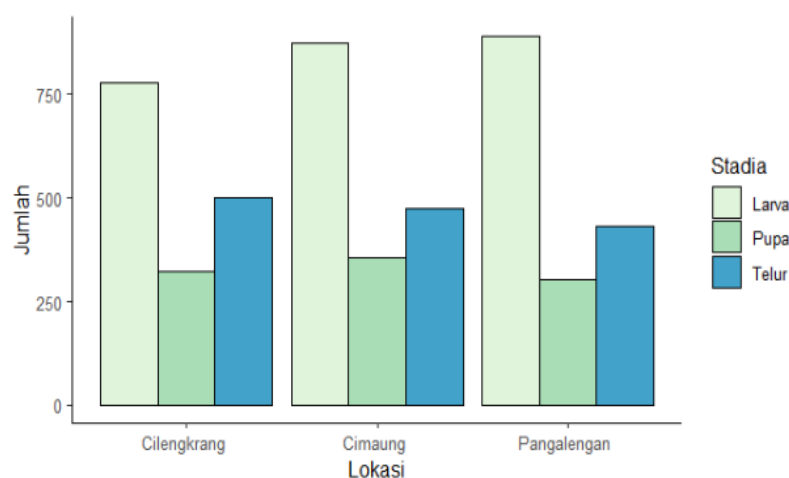
Intensitas serangan penggerek buah kopi signifikan lebih tinggi di lokasi Cilengkrang (Tabel 2) 21.36% lalu disusul oleh lokasi yang lain. Kelembapan yang rendah dan suhu tinggi mendorong tingginya populasi dari hama penggerek buah kopi (Mariño *et al.*, 2016). Kondisi perkebunan kopi pada ketiga lokasi mengadopsi sistem matahari penuh. Tingkat kerusakan dan intensitas serangan penggerek buah kopi dipengaruhi oleh penggunaan naungan yang berada pada perkebunan kopi tersebut, termasuk di lokasi penelitian (Rasiska *et al.*, 2022).

Meskipun kriteria serangan PBKo pada ketiga lokasi penelitian tergolong rendah, namun jika dilihat dari ambang batas ekonomi untuk kerusakan yang diakibatkan oleh PBKo di tiga lokasi tersebut sudah melebihi ambang batas ekonomi yang menetapkan sebesar 4,3% untuk penggerek buah kopi (Fernandes *et al.*, 2011). Serangan penggerek buah kopi berdampak pada proses pasca panen yang akan dihasilkan. Di Negara Brazil petani pengolah kopi merekomendasikan *green beans* masuk ke tahap pengolahan bila tingkat kerusakannya tidak melebihi 5% untuk tetap menjaga rasa dan kualitas biji kopi (Johnson *et al.*, 2020). Dalam kondisi serangan hama yang rendah para petani dapat menghasilkan 1 kg *green beans* dari 5 kg buah kopi namun jika intensitas serangan *Hypothenemus hampei* tinggi untuk mendapatkan 1 kg *green beans* memerlukan lebih dari 17 Kg buah kopi (Jaramillo *et al.*, 2011).

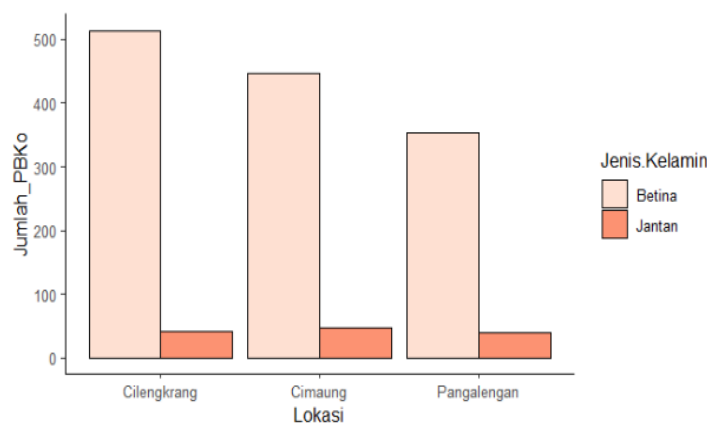
3.3 Nisbah kelamin penggerek buah kopi

Nisbah kelamin PBKo pada tiga lokasi di dominasi oleh betina. Nisbah kelamin imago jantan: betina yaitu 1:10. Lokasi Cimaung memiliki jumlah betina paling banyak (513 ekor) dari semua lokasi penelitian (Gambar 5). Dari masing-masing lokasi sebanyak 150 buah kopi yang di belah didapatkan stadia telur paling banyak di lokasi Cilengkrang (500 telur), untuk stadia larva dari ketiga lokasi tersebut tertinggi berada di lokasi Pangalengan (890 ekor) dan stadia pupa paling banyak di temukan di Cimaung (356 ekor) (Gambar 4).

Siklus hidup PBKo terdiri dari beberapa stadia dan perkembangan setiap stadia di pengaruhi oleh keadaan lingkungan. Stadia larva merupakan stadia yang paling merusak biji kopi karena aktivitas larva yang menggerek biji kopi menyebabkan biji kopi berlubang dan berbubuk (Purba *et al.*, 2015), selain itu metabolit yang dihasilkan akibat adanya proses penggerekkan akan menyebabkan buah kopi yang terserang PBKo menjadi berwarna hitam. Faktor suhu sangat berperan dalam menentukan kelimpahan pupa dan imago per buah kopi (Hamilton *et al.*, 2019). Kondisi buah kopi yang berwarna merah matang hingga mengering merupakan tempat ideal bagi penggerek buah kopi untuk hidup dan berkembangbiak sehingga dapat meningkatkan populasinya (Follett, 2018).



Gambar 4. Jumlah telur, larva dan pupa



Gambar 5. Jumlah jantan dan betina

Rasio jantan dan betina pada serangga lain umumnya sama, namun pada PBKo rasio untuk jantan dan betina dapat mencapai 1:10 (Fotso *et al.*, 2023). Perkembangan rasio jantan dan betina juga dipengaruhi oleh beberapa hal seperti yang diungkapkan oleh Jaramillo *et al.* (2009) jika suatu keadaan wilayah yang memiliki suhu 26 °C dapat meningkatkan penyebaran betina penggerek buah kopi serta memiliki kecenderungan perkembangannya lebih cepat, populasi yang dihasilkannya lebih tinggi. Hal tersebut selaras juga dengan hasil penelitian Muccio *et al.* (2024) yaitu panjang dan pendeknya siklus penggerek buah kopi tergantung pada kondisi suhu. Perbedaan PBKo jantan dan betina dapat terlihat dari ukuran tubuhnya. Imago jantan berukuran lebih kecil, kira-kira berukuran kurang dari setengah panjang betina (Navarro-Escalante *et al.*, 2021). Selain itu, imago jantan menghabiskan hidupnya dalam buah kopi berbeda dengan betina yang ketika sudah melakukan perkawinan mereka akan terbang untuk mencari buah kopi baru untuk melakukan gerakan lubang dan meletakkan telur (reproduksi) (Navarro-Escalante *et al.*, 2021).

3.4 Tingkat keparahan kerusakan buah kopi dan warna buah kopi

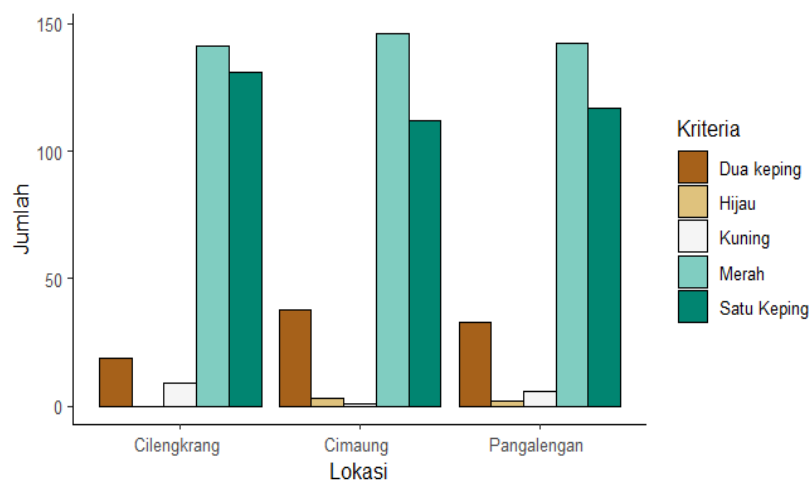
Secara umum kerusakan yang disebabkan oleh PBKo pada biji kopi hanya sebagian (satu keping biji). Berdasarkan sampel yang diambil, wilayah Cilengkrang merupakan daerah yang paling banyak kerusakan dibandingkan daerah lainnya (Cimaung dan Pangalengan) (Gambar 6). Namun, untuk kategori kerusakan utuh (kerusakan pada dua keping biji) paling banyak ditemukan di wilayah Cimaung. Kerusakan buah kopi dari tiga lokasi penelitian paling banyak kerusakannya satu keping hal ini berarti satu keping kopi masih dalam kondisi bagus, berbeda dengan jika kerusakannya dua keping yang mana satu buah kopi tersebut terserang penggerek buah kopi. Kerusakan satu keping atau dua keping yang diakibatkan oleh penggerek buah kopi dapat merusak cita rasa kopi yang dihasilkan. Biji kopi yang terinfestasi penggerek buah kopi menghasilkan kopi yang cita rasanya sedikit pahit, berbau tar, sehingga menutupi aroma buah dan bunga yang dihasilkan oleh kopi (Walker *et al.*, 2019). Penggerek buah kopi juga dapat menjadi penghalang dalam proses ekspor kopi sebab kebijakan pemasaran internasional membatasi buah kopi tidak boleh mengalami kerusakan lebih dari 1,5% yang diakibatkan oleh serangga (Duque & Baker, 2003).

Buah kopi berwarna merah menjadi warna kopi yang paling banyak terserang penggerek buah kopi pada ketiga lokasi penelitian dari pada warna kuning dan hijau. Ketertarikan penggerek buah kopi terhadap warna berkaitan dengan komposisi senyawa *volatile* yang dikeluarkan oleh setiap warna kopi yang ternyata berbeda antar warna. Buah kopi berwarna merah memiliki senyawa *ketones* dan *aldehydes* paling kuat dari pada warna lain sehingga penggerek buah kopi lebih tertarik pada warna tersebut (Ortiz *et al.*, 2004). Pengujian akan ketertarikan penggerek buah kopi pada warna buah kopi juga sudah dilakukan di laboratorium, warna merah dan hingga menghitam

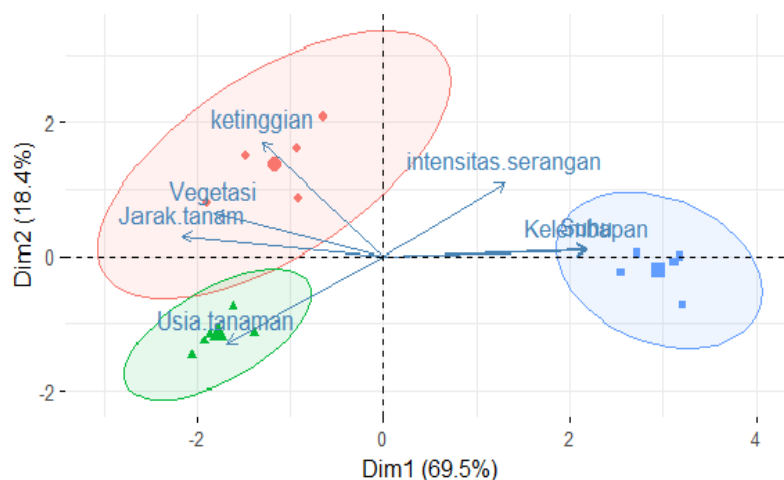
menjadi kriteria preferensi warna PBKo (Vega *et al.*, 2019). Walaupun PBKo menyerang semua warna kopi (hijau, kuning dan merah) untuk tingkat serangan tertinggi tetap terjadi pada kopi yang merah (Asfaw *et al.*, 2019). Buah kopi berwarna hijau (Cilengkrang = 0, Pangalengan= 2, Cimaung=3 buah) pada penelitian ini dari ketiga lokasi penelitian sangat rendah berbeda dengan warna kuning (Cilengkrang = 9, Pangalengan= 6, Cimaung=1 buah) masih terdapat pengerek buah kopi yang menyerang buah berwarna kuning, menurut Ruiz-Diaz *et al.* (2023) buah kopi berwarna hijau kemungkinan terserang penggerek buah kopi begitu kecil namun untuk buah kopi berwarna kuning masih sering dapat terjadi.

3.5 Pengaruh Faktor Lingkungan Terhadap Intensitas Serangan PBKo

Principal Component Analysis (PCA)-Biplot pada Gambar 7 digunakan untuk memvisualisasikan hubungan antara lingkungan dengan intensitas serangan penggerek buah kopi dari ketiga lokasi pengambilan sample. Dalam PCA terdapat dua pola atau arah utama variasi yaitu Dim 1 (69,5%) dan Dim 2 (18,4%).



Gambar 6. Warna buah kopi dan Tingkat Keparahan kerusakan buah kopi



Gambar 7. Hubungan beberapa faktor lingkungan dengan kerusakan buah kopi

Terdapat tiga klaster, klaster 1 direpresentasikan oleh titik titik warna merah, di klaster 2 direpresentasikan sebagai titik hijau segitiga, dan di klaster 3 sebagai kotak biru. Elipse warna merah yang memiliki ukuran paling besar dari pada warna hijau dan biru. Kelembapan dan suhu memiliki korelasi positif dengan intensitas serangan penggerek buah kopi. Penelitian sebelumnya mengungkapkan ada korelasi positif antara penerbangan penggerek buah kopi dengan peningkatan suhu, kelembapan, curah hujan dan kecepatan angin (Johnson & Manoukis, 2021). Hal demikian juga diungkapkan oleh Nadiyah *et al.*, (2023) bahwa intensitas serangan penggerek buah kopi dapat dipengaruhi oleh kondisi curah hujan, suhu udara dan kelembapan. Dinamika populasi serta penggerek buah kopi sangat erat berkaitan dengan faktor iklim curah hujan dan kelembapan (Baker *et al.*, 1992).

4. KESIMPULAN

Tingkat serangan penggerek buah kopi (PBKo) pada perkebunan kopi sistem matahari penuh di Kabupaten Bandung dari ketiga lokasi pengamatan masuk ke dalam kriteria rendah. Lokasi Perkebunan kopi di Kecamatan Cilengkrang tingkat serangan tertinggi (21.36%), selanjutnya kebun kopi di Cimaung (13.09%), dan yang paling rendah di lokasi Kecamatan Pangalengan (8.32%). Larva merupakan stadia paling merusak, terutama pada kopi berwarna merah dan umumnya kerusakan yang terjadi hanya pada satu keping biji kopi. Suhu dan kelembapan merupakan factor yang paling kuat dalam mempengaruhi intensitas serangan PBKo.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Kemendikbudristek yang telah mendukung penelitian ini melalui Hibah Fundamental nomor kontrak 074/E5/PG.02.00.PL/2024, serta tim penelitian kopi yang sudah banyak membantu dalam terlaksananya dan kelancaran penelitian ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Adhi, R.W., & U. Yunus, 2022. The meaning of coffee for barista in speciality coffee shop in Indonesia. *Journal of Creative Communications*. 17: 108–118
- Aristizábal, L.F., M.A. Johnson, Y.A. Mariño, P. Bayman, & M.G. Wright. 2023. Establishing an integrated pest management program for coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*) in Hawaii and puerto rico coffee agroecosystems: achievements and challenges. *Insects*. 14.
- Arsi, A, S SHK, B. Gunawan, A. Umayah, Y. Pujiastuti, H. Hamidson, C. Irsan, Suwandi, & Nurhasnah. 2023. Attack level of coffee fruit borer pest (*Hypothenemus hampei*) and branch borer pest (*Xylosandrus compactus*) in central dempo district pagaralam city. *Sainmatika: Jurnal Ilmiah Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*. 20: 87–95.
- Asfaw, E., E. Mendesil, & A. Mohammed. 2019. Altitude and coffee production systems influence extent of infestation and bean damage by the coffee berry borer. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*. 52: 170–183.
- Badan Pusat Statistika. 2021. Produksi Tanaman Kopi (Ton), 2019-2021.
- Badan Pusat Statistika. 2023. Analisis Komoditas Ekspor 2018-2022 Sektor Pertanian, Kehutanan dan Perikanan ; Industri Pengolahan; Pertambangan dan Lainnya. Jakarta
- Bagny Beilhe, L, S Roudine, JA Quintero Perez, C Allinne, D Daout, R Mauxion, & D Carval, 2020. Pest-regulating networks of the coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*) in agroforestry systems. *Crop Protection*, 131
- Baker, PS, C Ley, R Balbuena, & JF Barrera, 1992. Factors affecting the emergence of *Hypothenemus hampei* (Coleoptera : Scolytidae) from coffee berries: 145–150

- Bilen, C, D El Chami, V Mereu, A Trabucco, S Marras, & D Spano, 2023. A Systematic Review on the Impacts of Climate Change on Coffee Agrosystems. *Plants*, 12: 1–20
- Borkhataria, R, JA Collazo, MJ Groom, & A Jordan-Garcia, 2012. Shade-grown coffee in Puerto Rico: Opportunities to preserve biodiversity while reinvigorating a struggling agricultural commodity. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 149: 164–170. Elsevier B.V.
- Carvalho, M, A Lopes, A Bento, L Santos, & RNC Guedes, 2023. Effectiveness of different traps and lures for coffee berry borer , *Hypothenemus hampei* (Ferrari , 1867) in S ão Tomé Island. *African Entomology*, 13590: 1–6
- Cassamo, CT, D Draper, MM Romeiras, I Marques, R Chiulele, M Rodrigues, M Stalmans, FL Partelli, A Ribeiro-Barros, & JC Ramalho, 2023. Impact of climate changes in the suitable areas for *Coffea arabica* L. production in Mozambique: Agroforestry as an alternative management system to strengthen crop sustainability. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 346
- Constantino, LM, ZN Gil, EC Montoya, & P Benavides, 2021. Coffee Berry Borer (*Hypothenemus hampei*) Emergence from Ground Fruits Across Varying Altitudes and Climate Cycles, and the Effect on Coffee Tree Infestation. *Neotropical Entomology*, 50: 374–387. *Neotropical Entomology*
- Cure, JR, D Rodríguez, AP Gutierrez, & L Ponti, 2020. The coffee agroecosystem: bio-economic analysis of coffee berry borer control (*Hypothenemus hampei*). *Scientific Reports*, 10: 1–12. Nature Publishing Group UK
- Dias, CG, FB Martins, & MA Martins, 2024. Climate risks and vulnerabilities of the Arabica coffee in Brazil under current and future climates considering new CMIP6 models. *Science of the Total Environment*, 907
- Dinas Perkebunan Provinsi Jawa Barat, 2022. Luas Tanaman Kopi Arabika Berdasarkan Kondisi Tanaman dan Kabupaten/Kota di Jawa Barat
- Djuwendah, E, T Karyani, AH Sadeli, & K Kusno, 2019. Agroindustrialisasi Kopi Arabika Java Preanger Di Desa Margamulya Kecamatan Pangalengan Kabupaten Bandung. *Agricore: Jurnal Agribisnis dan Sosial Ekonomi Pertanian Unpad*, 3
- Dufour, BP, IW Kerana, & F Ribeyre, 2021. Population dynamics of *Hypothenemus hampei* (Ferrari) according to the phenology of *Coffea arabica* L. in equatorial conditions of North Sumatra. *Crop Protection*, 146. Elsevier Ltd
- Duque, H, & PS Baker, 2003. Devouring Provit The Socio-Economics Of Coffee Berry Borer IPM. The Commodities Press, Colombia
- Fernandes, FL, MC Picanço, SO Campos, CS Bastos, M Chediak, RNC Guedes, & RS Da Silva, 2011. Economic injury level for the coffee berry borer (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) using Attractive traps in Brazilian coffee fields. *Journal of Economic Entomology*, 104: 1909–1917
- Follett, PA, 2018. Irradiation for quarantine control of coffee berry borer, *hypothenemus hampei* (coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) in coffee and a proposed generic dose for snout beetles (coleoptera: Curculionoidea). *Journal of Economic Entomology*, 111: 1633–1637
- Fotso, YF, S Touzeau, B Tsanou, S Bowong, YF Fotso, S Touzeau, B Tsanou, S Bowong, FG Modelling, YF Fotso, S Touzeau, B Tsanou, & S Bowong, 2023. Modelling and optimal strategy to control coffee berry borer To cite this version : HAL Id : hal-03334090: 0–28
- Hamilton, LJ, RG Hollingsworth, M Sabado-Halpern, NC Manoukis, PA Follett, & MA Johnson, 2019. Coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*) (Coleoptera: Curculionidae) development across an elevational gradient on Hawai'i Island: Applying laboratory degree-day predictions to natural field populations. *PLoS ONE*, 14: 1–16
- Hollingsworth, RG, EB Jang, & PA Follett, 2013. Freezing as a treatment to prevent the spread of *hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae), in coffee. *Journal of Economic Entomology*, 106: 653–660

- Jaramillo, J, A Chabi-Olaye, C Kamonjo, A Jaramillo, FE Vega, HM Poehling, & C Borgemeister, 2009. Thermal tolerance of the coffee berry borer *Hypothenemus hampei*: Predictions of climate change impact on a tropical insect pest. *PLoS ONE*, 4: 1–11
- Jaramillo, J, E Muchugu, FE Vega, A Davis, C Borgemeister, & A Chabi-Olaye, 2011. Some like it hot: The influence and implications of climate change on coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*) and coffee production in East Africa. *PLoS ONE*, 6
- Jha, S, CM Bacon, SM Philpott, VE Méndez, P Läderach, & RA Rice, 2014. Shade coffee: Update on a disappearing refuge for biodiversity. *BioScience*, 64: 416–428
- Johnson, MA, & NC Manoukis, 2021. Influence of seasonal and climatic variables on coffee berry borer (*Hypothenemus hampei* Ferrari) flight activity in Hawaii
- Johnson, MA, CP Ruiz-diaz, NC Manoukis, J Carlos, & V Rodrigues, 2020. Coffee Berry Borer (*Hypothenemus hampei*), a Global Pest of Coffee: Perspectives from Historical and Recent Invasions, and Future Priorities. *Insects*, 11: 35pp
- Jonsson, M, IA Raphael, B Ekbom, S Kyamanywa, & J Karungi, 2015. Contrasting effects of shade level and altitude on two important coffee pests. *Journal of Pest Science*, 88: 281–287. Springer Berlin Heidelberg
- Kemp, JE, & AG Ellis, 2017. Significant local-scale plant-insect species richness relationship independent of abiotic effects in the temperate cape floristic region biodiversity hotspot. *PLoS ONE*, 12: 1–16
- Kidanu, S, 2020. Bio-Ecological and Management Studies of Coffee Berry Borer, *Hypothenemus Hampei* Ferrari (Coleoptera: Scolytidae) in Ethiopia. *International Journal of Forestry and Horticulture*, 6: 39–47
- Koutouleas, A, T Sarzynski, B Bertrand, M Bordeaux, AS Bosselmann, C Campa, H Etienne, N Turreira-García, S Lérán, B Markussen, P Marraccini, JC Ramalho, P Vaast, & A Ræbild, 2022. Shade effects on yield across different *Coffea arabica* cultivars — how much is too much? A meta-analysis. *Agronomy for Sustainable Development*, 42. Agronomy for Sustainable Development
- Mariño, YA, ME Pérez, F Gallardo, M Trifilio, M Cruz, & P Bayman, 2016a. Sun vs. shade affects infestation, total population and sex ratio of the coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*) in Puerto Rico. *Page Agriculture, Ecosystems And Environment*
- Mariño, YA, ME Pérez, F Gallardo, M Trifilio, M Cruz, & P Bayman, 2016b. Sun vs. shade affects infestation, total population and sex ratio of the coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*) in Puerto Rico. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 222: 258–266
- Moreno-Ramirez, N, FJJA Bianchi, MR Manzano, & M Dicke, 2024. Ecology and management of the coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*): the potential of biological control. *BioControl*. Springer Netherlands
- Muccio, KR, EE Crone, & JM Reed, 2024. A model of coffee berry borer population growth and susceptibility to control by birds. *Population Ecology*: 1–11
- Nadiah, A, T Himawan, H Tarno, A Entomology, & S Program, 2023. Forecasting Model of Coffee Berry Borer (*Hypothenemus Hampei*) in Pasuruan, 10: 13–20
- Navarro-Escalante, L, EM Hernandez-Hernandez, J Nuñez, FE Acevedo, A Berrio, LM Constantino, BE Padilla-Hurtado, D Molina, C Gongora, R Acuña, J Stuart, & P Benavides, 2021. A coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*) genome assembly reveals a reduced chemosensory receptor gene repertoire and male-specific genome sequences. *Scientific Reports*, 11: 1–17. Nature Publishing Group UK
- Okim, F, N Hanani, & S Syafrial, 2022. The Impact of Input and Output Prices on Indonesian Coffee Production and Trade Performance. *Habitat*, 33: 33–43
- Ortiz, A, A Ortiz, FE Vega, & F Posada, 2004. Volatile composition of coffee berries at different stages of ripeness and their possible attraction to the coffee berry borer *Hypothenemus hampei*

- (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52: 5914–5918
- Pereira, AE, EF Vilela, RS Tinoco, JOG de Lima, AK Fantine, EGF Morais, & CFM França, 2012. Correlation between numbers captured and infestation levels of the coffee berry-borer, *hypothenemus hampei*: A preliminary basis for an action threshold using baited traps. *International Journal of Pest Management*, 58: 183–190
- Purba, RP, D Bakti, & SF Sitepu, 2015. Hubungan Persentase Serangan dengan Estimasi Kehilangan Hasil Akibat Serangan Hama Penggerek Buah Kopi *Hypothenemus Hampei* Ferr.(Coleoptera: Scolytidae) di Kabupaten Simalungun, 3: 1–23
- Rasiska, S, S Safira, Y Hidayat, E Yulia, & M Ariyanti, 2022. Respon Hama Penggerek Buah Kopi (*Hypothenemus hampei* Ferr.) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytidae) terhadap Ekstrak Buah Kopi yang Terinfestasi Hama sebagai Atraktan di Perkebunan Kopi Rakyat Gunung Tilu. *Agrikultura*, 33: 321
- Reid, JC, & A Mansingh, 1985. Economic losses due to *hypothenemus hampei* ferr. during processing of coffee berries in jamaica. *Tropical Pest Management*, 31: 55–59
- Ruiz-Diaz, CP, & JCV Rodrigues, 2021. Vertical Trapping of the Coffee Berry Borer, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytinae), in Coffee: 0–8
- Ruiz-Diaz, CP, JC Verle Rodrigues, E Miro-Rivera, & LM Diaz-Vazquez, 2023. Impact of the coffee berry borer on the volatile and semi-volatile compounds; qualitative profile of *Coffea arabica* berries. *Food Chemistry Advances*, 2: 100154. Elsevier Ltd
- Siregar, EH, AF Sitompul, & Y Efendi, 2023. Attack Intensity Variety of *Coffea arabica* and *Coffea canephora* *Hypothenemus hampei* Ferrari, 1867 (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) in North Sumatra, 2023: 1–7
- Soesanthy, F, E Randriani, & Syafaruddin, 2015. Evaluation of berry borer *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae) attack on arabica coffee cultivar of AGK-1. *J. Tanaman Industri dan Penyegar*, 3: 167–174
- Soto-pinto, L, Y Romero-alvarado, J Caballero-nieto, & G Segura, 2001. *Woody Plant Diversity*, 49: 977–987
- Toro-Zapata, HD, CA Trujillo-Salazar, F Dercole, & G Olivar-Tost, 2021. Coffee Berry Borer (*Hypothenemus hampei*) and its role in the evolutionary diversification of the coffee market. *Journal of Evolutionary Economics*, 31: 1029–1063
- Vega, FE, F Infante, A Castillo, & J Jaramillo, 2019. The coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae): a short review, with recent findings and future research directions. *Terrestrial Arthropod Reviews*, 2: 129–147
- Vega, FE, G Mercadier, & PF Dowd, 1999. Fungi associated with the coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae). *Proceedings of the 18th International Scientific Colloquium on Coffee*, Helsinki, Finland: 229–238
- Vilchez-Mendoza, SJ, A Ronin, P Bommel, C Cilas, & L Bagny Beilhe, 2024. Quantifying movement of the coffee berry borer at the interface between coffee plantations and adjacent land uses. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 8
- Walker, HE, KA Lehman, MM Wall, & MS Siderhurst, 2019. Analysis of volatile profiles of green Hawai’ian coffee beans damaged by the coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99: 1954–1960
- Weldemichael, G, 2019. The Impact of Climate Change on Coffee (*Coffea Arabica* L.) Production and Genetic Resources. *International Journal of Research Studies in Agricultural Sciences*, 5