



Analisis Penerapan Hatch and Carry Center sebagai Upaya Peningkatan Produktivitas dan Efisiensi Manajemen Buah Kelapa Sawit

Yusup Paisol^{1*}, Sri Gunawan², Yohana Th. Maria Astuti³, Ambri Bakhtiar⁴, Febri Afiantoro⁵, Toni Athory Sinaga⁶

¹⁻⁶, Magister Program Pascasarjana Magister Manajemen Perkebunan, Instiper Yogyakarta, Indonesia

*Penulis Korespondensi: yusuppaisol@gmail.com

Abstract. *This study aims to analyze the effectiveness of the Hatch and Carry Center (H&C) in increasing the population of *Elaeidobius kamerunicus* pollinating weevils, fruit set levels, and Fresh Fruit Bunch (FFB) productivity in oil palm plantations at Division 6 Estate SGT 02, PT Kayung Agro Lestari, West Kalimantan. The research was conducted over six months, from July to December 2024, using a quasi-experimental comparative design. The period without H&C (July–December 2023) served as the control, while the period with H&C (July–December 2024) was treated as the intervention, allowing for a clearer analysis of differences before and after program implementation. Primary data were collected through monthly field observations on the number of male and female flowers, weevil populations, fruit set levels, and parthenocarpic fruits, providing consistent information on plant reproductive dynamics. In addition, in-depth interviews and Focus Group Discussions (FGDs) with stakeholders were conducted to identify supporting and inhibiting factors during implementation. Secondary data on FFB production were obtained from company harvest records in both periods to compare productivity trends. Quantitative data analysis employed the *t*-test to examine significant differences between the control and treatment periods, while qualitative data were thematically analyzed to explore the dynamics of program execution. The combination of both approaches is expected to provide a comprehensive understanding of the effectiveness of H&C as an innovation in oil palm pollination management.*

Keywords: *Elaeidobius Kamerunicus; Fresh Fruit Bunch (FFB); Fruit Set; Hatch and Carry Center; Oil Palm Pollination*

Abstrak. Penelitian ini bertujuan menganalisis efektivitas penerapan *Hatch and Carry Center* (H&C) dalam meningkatkan populasi kumbang penyerbuk *Elaeidobius kamerunicus*, tingkat *fruit set*, serta produktivitas Tandan Buah Segar (TBS) pada kebun kelapa sawit di Divisi 6 Estate SGT 02 PT Kayung Agro Lestari, Kalimantan Barat. Penelitian berlangsung enam bulan, Juli–Desember 2024, dengan desain kuasi-eksperimen komparatif. Periode tanpa H&C (Juli–Desember 2023) digunakan sebagai kontrol, sedangkan periode penerapan H&C (Juli–Desember 2024) sebagai perlakuan, sehingga memungkinkan analisis perbedaan nyata sebelum dan sesudah program. Data primer diperoleh melalui observasi bulanan terhadap jumlah bunga jantan dan betina, populasi kumbang, tingkat *fruit set*, serta buah partenokarpi, sehingga dinamika reproduksi tanaman dapat terpantau secara konsisten. Selain itu, wawancara dan *Focus Group Discussion* (FGD) dilakukan dengan pihak pelaksana untuk mengidentifikasi faktor pendukung maupun kendala lapangan. Data sekunder berupa catatan produksi TBS perusahaan dianalisis untuk membandingkan tren produktivitas antar periode. Analisis kuantitatif menggunakan uji *t-test* untuk menguji perbedaan signifikan antara kontrol dan perlakuan, sedangkan analisis kualitatif dilakukan secara tematik guna memahami dinamika implementasi. Dengan kombinasi kedua pendekatan, penelitian ini diharapkan mampu memberikan gambaran komprehensif mengenai efektivitas H&C sebagai inovasi manajemen penyerbukan kelapa sawit.

Kata kunci: *Elaeidobius kamerunicus; Fruit Set; Hatch and Carry Center; Penyerbukan Kelapa Sawit; Tandan Buah Segar (TBS)*

1. LATAR BELAKANG

Perkebunan kelapa sawit merupakan sektor strategis yang berperan penting dalam mendukung ketahanan energi dan perekonomian nasional. Sebagai komoditas ekspor utama, kelapa sawit menyumbang devisa yang signifikan serta membuka lapangan kerja di berbagai wilayah (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2023). Namun, pencapaian produktivitas optimal masih menghadapi tantangan teknis, terutama pada aspek penyerbukan yang berdampak langsung terhadap pembentukan tandan buah segar (TBS). Penyerbukan kelapa sawit sangat bergantung pada kumbang penyerbuk *Elaeidobius kamerunicus*, sehingga fluktuasi populasinya dapat menyebabkan rendahnya *fruit set*, meningkatnya kejadian partenokarpi, dan penurunan berat tandan (Basri et al., 2001; Corley & Tinker, 2016). Faktor-faktor seperti curah hujan tinggi yang menghambat aktivitas kumbang (Prasetyo et al., 2014), penggunaan pestisida non-selektif (Puguh et al., 2020), serta berkurangnya ketersediaan bunga jantan akibat pemangkasan juga berperan dalam menurunkan keberhasilan penyerbukan.

Di Divisi 6 Estate SGT 02 PT Kayung Agro Lestari, permasalahan ini terlihat dari penurunan produktivitas per blok dan meningkatnya jumlah buah kosong. Untuk mengatasi hal tersebut, manajemen kebun menerapkan metode *Hatch and Carry Center* (H&C), yaitu teknik penetasan dan pelepasan kumbang penyerbuk secara terkontrol menggunakan bunga jantan sebagai media. Metode ini terbukti dapat meningkatkan populasi kumbang hingga dua kali lipat dalam satu siklus (Santoso, 2019) serta menaikkan *fruit set* hingga 30% dan produktivitas TBS hingga 57,85% (Putra et al., 2023). Tujuannya adalah menjaga ketersediaan populasi kumbang di seluruh areal produksi sehingga penyerbukan berlangsung optimal.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini dirancang untuk menganalisis efektivitas penerapan H&C terhadap tingkat *fruit set*, produktivitas TBS, dan efisiensi manajemen buah. Penelitian ini juga bertujuan mengidentifikasi hambatan teknis di lapangan selama implementasi H&C sehingga dapat disusun rekomendasi perbaikan yang aplikatif.

Secara khusus, tujuan penelitian ini adalah: (1) menganalisis pengaruh penerapan H&C terhadap keberhasilan penyerbukan dan *fruit set*, (2) mengkaji dampaknya terhadap produktivitas TBS, serta (3) mengidentifikasi kendala teknis dan memberikan rekomendasi perbaikan. Hasil penelitian diharapkan memberikan manfaat praktis bagi perusahaan sebagai dasar pengambilan kebijakan teknis (Purba et al., 2021), bagi praktisi lapangan dalam memahami pelaksanaan H&C secara efektif, dan bagi akademisi sebagai referensi ilmiah pengembangan teknik penyerbukan buatan pada perkebunan kelapa sawit.

Keaslian penelitian ini terletak pada pendekatannya yang tidak hanya mengevaluasi peningkatan populasi kumbang penyerbuk dan *fruit set*, tetapi juga menganalisis dampak

langsung terhadap produktivitas TBS serta kendala operasional di lapangan. Dengan demikian, hasil penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi nyata bagi pengembangan strategi manajemen budidaya kelapa sawit yang berkelanjutan dan berbasis data lapangan.

2. METODE PENELITIAN

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian Penelitian ini dilaksanakan di Divisi 6 Estate SGT 02 PT Kayung Agro Lestari, Kalimantan Barat, yang dipilih karena memiliki permasalahan tingkat fruit set rendah sehingga relevan untuk evaluasi penerapan *Hatch and Carry Center* (H&C). Penelitian berlangsung selama enam bulan, dari Juli hingga Desember 2024, untuk menangkap dampak jangka pendek dan menengah terhadap populasi kumbang penyerbuk, tingkat fruit set, dan produktivitas tandan buah segar (TBS).

Alat dan Bahan Penelitian

Peralatan yang digunakan meliputi komputer untuk pengolahan data, kamera untuk dokumentasi lapangan, alat tulis untuk pencatatan data, serta timbangan analitik untuk pengukuran berat janjang rata-rata (BJR). Bahan utama penelitian adalah bunga jantan kelapa sawit sebagai media penetasan kumbang penyerbuk *Elaeidobius kamerunicus*.

Rancangan dan Pelaksanaan Penelitian

Metode penelitian menggunakan pendekatan kuasi-eksperimen dengan rancangan komparatif antar waktu. Observasi dilakukan pada enam blok dengan tahun tanam sama (2013) dan bahan tanam berbeda (Socfindo, Sriwijaya, Marihat). Dua periode pengamatan digunakan sebagai pembandingan, yaitu periode kontrol tanpa H&C (Juli–Desember 2023 dengan data produksi Januari–Juni 2024) dan periode perlakuan dengan H&C (Juli–Desember 2024 dengan data produksi Januari–Juni 2025). Pendekatan ini dipilih agar pengaruh penerapan H&C terhadap populasi kumbang, *fruit set*, dan produktivitas TBS dapat dianalisis lebih akurat.

Pelaksanaan penelitian melibatkan dua perlakuan utama. Pada perlakuan dengan H&C, bunga jantan dikumpulkan dari blok sumber, kemudian ditetaskan di fasilitas H&C hingga kumbang dewasa menetas dan siap dilepas ke blok produksi. Pelepasan kumbang dilakukan secara berkala sesuai jadwal pelepasan yang terstandar, disertai monitoring populasi kumbang, tingkat *fruit set*, dan hasil panen. Perlakuan kontrol dilakukan tanpa intervensi penambahan kumbang sehingga penyerbukan bergantung sepenuhnya pada populasi alami.

Variabel Pengamatan

Variabel yang diamati meliputi data primer dan sekunder. Data primer mencakup jumlah bunga jantan, bunga betina, populasi kumbang per bunga, tingkat *fruit set*, jumlah buah

partenokarpi, jumlah janjang, dan berat janjang rata-rata. Data sekunder diambil dari catatan produksi TBS bulanan per blok yang disediakan perusahaan. Pengambilan data dilakukan melalui observasi langsung di lapangan, wawancara dengan petugas lapangan dan manajemen kebun, *focus group discussion* (FGD), serta pengumpulan data dokumentasi.

Analisis Data

Analisis data dilakukan secara kualitatif dan kuantitatif. Analisis kualitatif digunakan untuk mengeksplorasi pengalaman pekerja, kendala teknis, dan evaluasi manajemen pelaksanaan H&C. Sementara itu, analisis kuantitatif dilakukan dengan uji statistik (uji t-test atau ANOVA) untuk mengetahui perbedaan signifikan tingkat *fruit set*, jumlah janjang, dan BJR antara periode sebelum dan sesudah penerapan H&C. Hasil analisis ini menjadi dasar untuk menarik kesimpulan mengenai efektivitas metode H&C dalam meningkatkan produktivitas TBS dan efisiensi manajemen panen di Divisi 6 Estate SGT 02.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Uji Perbandingan Perlakuan Penyebaran Kumbang Terhadap Ketersediaan BJA, Populasi Kumbang, Kenaikan Persentase Fruit set, dan Persentase Partenokarpi.

Data Hasil Pengamatan Populasi Kumbang, Ketersediaan BJA, Persentase *Fruit set*, dan Persentase Partenokarpi

Tabel 3. Ketersediaan BJA, Populasi Kumbang, Persentase *Fruit set*, dan Persentase Partenokarpi terhadap Kondisi Iklim dan Pola Curah Hujan

Blok	Varietas	Perlakuan	Ketersediaan BJA	Populasi Kumbang	Persentase <i>Fruit set</i> (%)	Persentase Partenokarpi (%)
L52	Socfindo	Kontrol	5.22	13676	73	27
L52	Socfindo	Dengan H&C	4.61	20556	85	15
L53	Sriwijaya	Kontrol	4.4	18265	74.1	25.9
L53	Sriwijaya	Dengan H&C	4.1	20864	83	17
L54	Sriwijaya	Kontrol	5.15	19776	71.4	28.6
L54	Sriwijaya	Dengan H&C	5.24	20660	85	15
A53	Marihat	Kontrol	4.3	13724	72.7	27.3
A53	Marihat	Dengan H&C	4.7	20222	82	18
A54	Marihat	Kontrol	3.31	10371	74.0	26.0
A54	Marihat	Dengan H&C	4.27	20951	84	16
A55	Marihat	Kontrol	4.42	7617	73	27
A55	Marihat	Dengan H&C	5.36	19087	82	18

Sumber: Data Penelitian 2025

Berdasarkan hasil pengamatan pada beberapa blok tanaman kelapa sawit dengan perlakuan kontrol dan H&C, terlihat bahwa perlakuan H&C cenderung meningkatkan populasi kumbang penyerbuk (*Elaeidobius kamerunicus*) dibandingkan dengan kontrol. Misalnya, pada blok L52, populasi kumbang meningkat dari 13.676 ekor (kontrol) menjadi 20.556 ekor (H&C). Peningkatan populasi ini diikuti dengan kenaikan persentase *fruit set*, di mana perlakuan H&C mencapai 82–85%, sedangkan kontrol hanya berkisar 71–74%. Sebaliknya, persentase partenokarpi lebih rendah pada perlakuan H&C (15–18%) dibandingkan kontrol (25–28%). Hal ini menunjukkan bahwa penerapan H&C mampu memperbaiki keberhasilan penyerbukan, meningkatkan pembentukan buah normal, dan menekan pembentukan buah partenokarpi. Sementara itu, ketersediaan BJA tidak menunjukkan perbedaan yang konsisten antar perlakuan, sehingga faktor utama peningkatan *fruit set* lebih disebabkan oleh peningkatan aktivitas kumbang penyerbuk.

Hasil Analisis Perbandingan Kontrol vs H&C

Tabel 1. Rata Rata dan Hasil Uji Perbedaan Antara Kontrol dan Perlakuan H&C

Variable	Perlakuan	Mean	Std. Deviation	Sig
Ketersediaan BJA	Kontrol	4.30	0.66	0.312
	Dengan H&C	4.60	0.49	
Populasi Kumbang	Kontrol	16838	3094	0.011
	Dengan H&C	20395	2000	
Persentase <i>Fruit set</i>	Kontrol	73.03	0.985	0.000
	Dengan H&C	83.50	1.378	
Persentase Partenokarpi	Kontrol	26.0	1.4	0.000
	Dengan H&C	17.5	1.3	

Sumber: Pengolahan data 2025

Berdasarkan hasil analisis, ketersediaan BJA pada perlakuan H&C memperoleh nilai mean dan SD berurutan 4,60 dan 0,49 sedikit lebih tinggi dibanding kontrol yaitu 4,30 dan 0,66, namun perbedaan tersebut tidak menunjukkan signifikan dengan nilai p sebesar 0,312. Sebaliknya, terdapat perbedaan nyata pada variabel lainnya. Pada rata-rata populasi kumbang pada perlakuan H&C sebanyak 20.395 ekor lebih tinggi dibanding kontrol sebanyak 16.838 ekor, dengan nilai signifikan 0,011. Persentase *fruit set* pada perlakuan H&C sebesar 83,5% juga lebih tinggi dibanding kontrol sebesar 73,0%, dengan perbedaan yang sangat signifikan nilai $p < 0,001$. Sedangkan persentase partenokarpi pada perlakuan H&C sebesar 17,5% lebih rendah dibanding kontrol sebesar 26,0%, namun perbedaan ini sangat signifikan dengan nilai $p < 0,001$.

Dengan demikian, perlakuan H&C tidak memengaruhi ketersediaan BJA secara signifikan, namun terbukti meningkatkan populasi kumbang dan *fruit set*, serta menurunkan

partenokarpi secara nyata dibanding kontrol. Populasi kumbang (*E. kamerunicus*) secara langsung memengaruhi efektivitas penyerbukan dan pembentukan buah. Populasi yang tinggi berkorelasi dengan fruit set yang lebih tinggi. Studi oleh Mohamad et al. (2023) menemukan bahwa hingga 36–47 individu kumbang dewasa muncul dari infloresensi jantan pasca-anthesis, menunjukkan pentingnya kondisi emergensi yang mendukung keberlanjutan populasi pendekatan weevil ini.

Membandingkan Produktivitas TBS Antarperiode dan Mengevaluasi Korelasinya Dengan Hasil Fruit set dan Populasi Kumbang.

Tabel 5. Jumlah BJR, YPH, Persentase Fruit set, dan Populasi Kumbang

Blok	Varietas	Perlakuan	BJR	YPH	Persentase Fruit set (%)	Populasi Kumbang
L52	Socfindo	Kontrol	6.20	6.59	73	13676
L52	Socfindo	Dengan H&C	7.26	7.26	85	20556
L53	Sriwijaya	Kontrol	6.85	6.15	74.1	18265
L53	Sriwijaya	Dengan H&C	7.00	8.05	83	20864
L54	Sriwijaya	Kontrol	5.73	6.97	71.4	19776
L54	Sriwijaya	Dengan H&C	6.18	8.64	85	20660
A53	Marihat	Kontrol	8.46	8.83	72.7	13724
A53	Marihat	Dengan H&C	8.63	9.83	82	20222
A54	Marihat	Kontrol	7.25	8.15	74.0	10371
A54	Marihat	Dengan H&C	7.50	9.14	84	20951
A55	Marihat	Kontrol	7.67	7.43	73	7617

Sumber : Data Pengamatan 2025

Data hasil pengamatan pada Tabel 5 menunjukkan bahwa perlakuan *hatch and carry* (H&C) memberikan pengaruh positif terhadap beberapa parameter penting dalam produktivitas kelapa sawit. Pada varietas Socfindo (blok L52), perlakuan kontrol menghasilkan BJR 6,20 kg, YPH 6,59 ton/ha, *fruit set* 73%, dan populasi kumbang 13.676 ekor. Setelah diberikan perlakuan H&C, BJR meningkat menjadi 7,26 kg, YPH menjadi 7,26 ton/ha, *fruit set* naik menjadi 85%, dan populasi kumbang bertambah hingga 20.556 ekor. Hal serupa terlihat pada varietas Sriwijaya (blok L53 dan L54), di mana perlakuan H&C meningkatkan *fruit set* dari 74,1%–71,4% menjadi 83%–85% dan populasi kumbang dari kisaran 18.265–19.776 ekor menjadi 20.864–20.660 ekor.

Varietas Marihat (blok A53, A54, dan A55) juga memperlihatkan kecenderungan yang sama. Pada blok A53, *fruit set* meningkat dari 72,7% menjadi 82% dengan kenaikan populasi kumbang dari 13.724 menjadi 20.222 ekor. Pada blok A54, *fruit set* bertambah dari 74%

menjadi 84%, sementara populasi kumbang meningkat signifikan dari 10.371 menjadi 20.951 ekor. Bahkan pada blok A55, yang pada kontrol hanya mencapai *fruit set* 73% dan populasi kumbang 7.617 ekor, setelah perlakuan H&C *fruit set* melonjak menjadi 82% dan populasi kumbang bertambah menjadi 19.087 ekor. Hasil ini sejalan dengan temuan Sipayung et al., (2022) yang menyebutkan bahwa peningkatan populasi *Elaeidobius kamerunicus* melalui intervensi budidaya dapat meningkatkan *fruit set* secara signifikan, meskipun tidak selalu berdampak pada peningkatan BJR. Selain itu, penelitian Putra & Susanto, 2021 juga menegaskan bahwa keberhasilan produktivitas kelapa sawit lebih dipengaruhi oleh kualitas penyerbukan dan jumlah buah fertil yang terbentuk daripada ukuran tandan.

Secara umum, hasil ini menunjukkan bahwa penerapan H&C konsisten dalam meningkatkan populasi kumbang *Elaeidobius kamerunicus* yang merupakan polinator utama kelapa sawit. Peningkatan populasi kumbang ini berbanding lurus dengan kenaikan persentase *fruit set*, sehingga produktivitas YPH juga terdorong lebih tinggi. Hal ini mengindikasikan bahwa keberhasilan penyerbukan memiliki peran yang lebih penting dibandingkan sekadar ukuran tandan (BJR). Dengan kata lain, optimalisasi polinator melalui H&C menjadi strategi yang efektif untuk meningkatkan produktivitas kelapa sawit secara berkelanjutan.

Temuan ini sejalan dengan penelitian Sari et al. (2023), yang menyatakan bahwa *fruit set* pada kelapa sawit sangat dipengaruhi oleh populasi kumbang penyerbuk, di mana peningkatan ketersediaan polinator mampu memperbaiki efisiensi pembentukan buah fertil. Selain itu, Efendi & Rezki (2019), juga melaporkan bahwa intervensi H&C terbukti menekan tingkat partenokarpi dan meningkatkan produktivitas, terutama pada blok-blok dengan populasi kumbang rendah.

Hasil Analisa Perbandingan Produktivitas TBS Antar Periode

Tabel 6. Hasil Uji Paired Sample T-Test Pada BJR dan YPH

Variabel	Mean	t-Hitung	sig
BJR (Berat Janjang Rata-Rata)	-0,30000	-1.661	.158
YPH (<i>Yield</i> per Hektar)	-1.33500	-6.406	.001

Sumber: Pengolahan Data 2025

Berdasarkan hasil analisis pada Tabel 6, Hasil analisis perbandingan produktivitas TBS antar periode melalui uji Paired Sample T-Test menunjukkan bahwa variabel BJR (Berat Janjang Rata-rata) memiliki nilai rata-rata perbedaan -0,30 dengan t-hitung -1,661 dan signifikansi 0,158. Hal ini menunjukkan bahwa perbedaan BJR antar periode tidak signifikan secara statistik ($p > 0,05$). Dengan demikian, ukuran janjang rata-rata tidak mengalami perubahan yang berarti antar periode, sehingga variabel ini bukan faktor utama yang memengaruhi variasi produktivitas TBS.

Sebaliknya, pada variabel YPH (Yield per Hektar) diperoleh nilai rata-rata perbedaan -1,335 dengan t-hitung -6,406 dan signifikansi 0,001. Hasil ini mengindikasikan bahwa terdapat perbedaan yang sangat signifikan ($p < 0,01$) antara periode kontrol dan perlakuan. Nilai negatif menunjukkan bahwa produktivitas per hektar cenderung menurun pada periode tertentu meskipun terdapat perlakuan. Hal ini selaras dengan analisis korelasi sebelumnya yang menegaskan bahwa peningkatan produktivitas lebih dipengaruhi oleh *fruit set* dan populasi kumbang penyerbuk dibandingkan hanya oleh ukuran janjang (BJR).

Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian Saragih et al. (2022), dalam Jurnal Penelitian Kelapa Sawit yang menyatakan bahwa produktivitas TBS lebih dipengaruhi oleh keberhasilan pembuahan dan intensitas penyerbukan daripada berat tandan semata. Lebih lanjut, Sari et al. (2023) dalam Jurnal Agronomi Indonesia juga menunjukkan bahwa peningkatan *fruit set* melalui optimalisasi polinator memiliki kontribusi signifikan terhadap hasil panen kelapa sawit. Demikian pula, Efendi & Rezki (2019) melaporkan bahwa perlakuan berbasis pengelolaan polinator, seperti *hatch and carry* (H&C), mampu meningkatkan *fruit set* sekaligus menekan partenokarpi, sehingga produktivitas lebih terjamin meskipun ukuran janjang tidak mengalami perubahan nyata.

Dengan demikian, hasil penelitian ini mempertegas bahwa pengelolaan perkebunan kelapa sawit sebaiknya lebih difokuskan pada upaya peningkatan jumlah buah *fertile* melalui penguatan teknik polinasi, seperti H&C, ketimbang hanya mengejar peningkatan BJR. Pendekatan ini lebih relevan dalam mendukung produktivitas berkelanjutan, karena memastikan bahwa setiap tandan yang terbentuk memiliki proporsi buah fertil yang tinggi serta mampu berkontribusi maksimal terhadap hasil panen per hektar.

Hasil Uji Korelasi Dengan Fruit set Dan Populasi Kumbang

Tabel 7. Rangkuman Hasil Uji Korelasi Pearson

Variable 1	Variable 2	r (koefisien regresi)	Sig
Perlakuan	BJR	0.180	0.576
Perlakuan	YPH	0.606	0.037 *
Perlakuan	<i>Fruit set</i>	0.734	0.007 **
Perlakuan	Populasi Kumbang	0.979	0.000 **
BJR	YPH	0.621	0.031 *
BJR	<i>Fruit set</i>	0.653	0.021 *
BJR	Populasi Kumbang	-0.184	0.567
YPH	<i>Fruit set</i>	0.529	0.077
YPH	Populasi Kumbang	0.238	0.456
<i>Fruit set</i>	Populasi Kumbang	0.700	0.011 *

Keterangan: * = signifikan ** = sangat signifikan

Hasil uji korelasi Pearson pada Tabel 7, menunjukkan hubungan yang berbeda-beda antar variabel yang diamati. Pada variabel perlakuan dengan YPH menunjukkan korelasi positif yang signifikan dengan nilai r sebesar 0,606; dan p -value sebesar 0,037, artinya penerapan perlakuan H&C berkontribusi nyata terhadap peningkatan produktivitas per hektar. Selain itu, perlakuan dengan *fruit set* juga memiliki korelasi positif yang sangat signifikan dengan nilai r sebesar 0,734; dan p -value sebesar 0,007, sedangkan perlakuan dengan populasi kumbang menunjukkan korelasi yang sangat kuat dan signifikan dengan nilai r sebesar 0,979; dan p -value $< 0,001$. Hasil ini menegaskan bahwa pengaruh utama dari penerapan H&C adalah pada peningkatan populasi kumbang penyerbuk, yang selanjutnya berdampak positif pada *fruit set* dan produktivitas TBS.

Sementara itu, hubungan antara BJR dengan YPH dan BJR dengan *fruit set* juga menunjukkan korelasi positif signifikan dengan nilai r sebesar 0,621 dan 0,653; p -value sebesar 0,031 dan 0,021. Hal ini menunjukkan bahwa berat janjang rata-rata masih memiliki peran dalam mendukung produktivitas, meskipun tidak sekuat peran populasi kumbang dan *fruit set*. Sebaliknya, korelasi BJR dengan populasi kumbang menunjukkan hasil tidak signifikan, dengan nilai r sebesar -0,184; dan p -value sebesar 0,567, sehingga dapat disimpulkan bahwa peningkatan populasi polinator tidak selalu berbanding lurus dengan kenaikan berat tandan.

Selain itu, hubungan YPH dengan *fruit set* dengan nilai ($r = 0,529$; dan p -value sebesar 0,077 dan YPH dengan populasi kumbang menunjukkan hasil r sebesar 0,238; dan p -value sebesar 0,456 atau dapat dikatakan tidak signifikan, meskipun arah korelasinya positif. Namun, *fruit set* dengan populasi kumbang memiliki korelasi positif signifikan yaitu nilai r sebesar 0,700; dan p -value sebesar 0,011, yang memperkuat temuan bahwa keberhasilan penyerbukan oleh kumbang merupakan faktor kunci dalam meningkatkan *fruit set* dan pada akhirnya berpengaruh terhadap produktivitas.

Secara keseluruhan, hasil ini mempertegas bahwa efektivitas H&C dalam meningkatkan produktivitas kelapa sawit tidak hanya ditentukan oleh ukuran tandan (BJR), tetapi lebih dominan oleh peningkatan populasi kumbang penyerbuk yang secara langsung memengaruhi *fruit set*. Hal ini sejalan dengan temuan Sari et al. (2023), dalam Jurnal Agronomi Indonesia yang menyatakan bahwa *fruit set* merupakan indikator utama keberhasilan pembuahan kelapa sawit, serta didukung oleh penelitian Efendi & Rezki (2019), yang menegaskan peran polinator sebagai faktor kunci dalam menekan partenokarpi dan meningkatkan hasil panen.

Uji Regresi Berganda

Pengujian regresi ini digunakan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh antara variabel bebas terhadap variabel terikat. Adapun pengukurannya menggunakan IBM SPSS Statistic 25. Untuk mendapatkan nilai uji t dan R² (R Square) mengikuti langkah berikut, yaitu *analyze – regression – linear – variabel X ke independent (s) dan variabel Y ke dependent – tekan ok*. Uji t bertujuan untuk menentukan signifikansi koefisien regresi. Sementara R² (R Square) bertujuan untuk mengukur seberapa besar pengaruh antara variabel bebas (x) dan variabel terikat (y). Berikut ini hasil pengujiannya, sebagai berikut:

Tabel 8. Pengaruh BJR, Populasi Kumbang, dan *Fruit set* terhadap Kenaikan YPH

Variabel	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	T hitung	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	-4.258	4.386		-.971	.360
BJR (berat janjang rata-rata)	.759	.331	.574	2.293	.051
<i>Fruit set</i>	.084	.071	.408	1.183	.271
Populasi Kumbang	1.453E-5	.000	.058	.168	.871
F – Hitung	3.777				
R Square	.586				
Prob/Sig	.059				

Sumber: Pengolahan data tahun 2025

Berdasarkan hasil analisis regresi linier berganda pada Tabel 8, diperoleh nilai konstanta sebesar -4,258. Nilai ini menunjukkan bahwa apabila seluruh variabel bebas, yaitu BJR (berat janjang rata-rata), *fruit set*, dan populasi kumbang tidak memberikan kontribusi, maka kenaikan yang diamati justru cenderung bernilai negatif. Hal ini menandakan bahwa keberadaan variabel bebas diperlukan untuk menjelaskan variasi kenaikan yang terjadi.

Variabel BJR memiliki koefisien regresi positif sebesar 0,759 dengan nilai t hitung 2,293 dan signifikansi 0,051. Hasil ini mengindikasikan bahwa BJR berpengaruh positif terhadap kenaikan, meskipun secara statistik belum signifikan pada taraf nyata 5% karena nilai signifikansi sedikit lebih tinggi dari 0,05. Dengan demikian, dapat ditafsirkan bahwa semakin tinggi berat janjang rata-rata, maka semakin besar potensi peningkatan kenaikan hasil produksi kelapa sawit.

Variabel *fruit set* memiliki koefisien regresi sebesar 0,084 dengan nilai t hitung 1,183 serta signifikansi 0,271. Nilai ini menunjukkan bahwa *fruit set* tidak berpengaruh signifikan terhadap kenaikan. Hal serupa juga ditunjukkan oleh variabel populasi kumbang, yang memiliki koefisien regresi sangat kecil (1,453E-5), nilai t hitung 0,168, serta signifikansi 0,871. Artinya, populasi kumbang tidak memberikan pengaruh nyata terhadap kenaikan.

Uji simultan menunjukkan nilai F hitung 3,777 dengan signifikansi 0,059. Nilai ini sedikit lebih tinggi dibandingkan taraf nyata 0,05, sehingga dapat disimpulkan bahwa variabel BJR, fruit set, dan populasi kumbang secara bersama-sama belum berpengaruh signifikan terhadap kenaikan. Namun demikian, nilai R Square 0,586 menunjukkan bahwa 58,6% variasi kenaikan dapat dijelaskan oleh ketiga variabel bebas tersebut, sedangkan 41,4% lainnya dipengaruhi oleh faktor lain yang tidak termasuk dalam model penelitian.

Temuan ini sejalan dengan beberapa penelitian sebelumnya. Menurut Pratama (2023), peningkatan populasi *Elaeidobius kamerunicus* melalui teknik *Hatch and Carry Mobile* terbukti mampu meningkatkan nilai *fruit set* dan berat janjang rata-rata (BJR). Dengan demikian, BJR menjadi indikator yang relatif stabil dalam menentukan produktivitas kelapa sawit dibandingkan *fruit set*. Hal ini diperkuat oleh Abidin (2017) yang menyatakan bahwa *fruit set* yang tinggi berkorelasi dengan peningkatan berat tandan rata-rata karena semakin banyak bunga betina yang berhasil dibuahi.

Namun demikian, penelitian lain menunjukkan bahwa meskipun populasi kumbang tinggi, peningkatan *fruit set* tidak selalu signifikan. Lubis et al. (2021) menemukan bahwa keberhasilan *fruit set* juga dipengaruhi oleh kualitas polen, kondisi cuaca, serta kesehatan tanaman. Penelitian dari IOPRI (2020) pun menegaskan bahwa *fruit set* ideal di atas 75% hanya dapat tercapai apabila faktor biotik dan abiotik saling mendukung, bukan semata-mata ditentukan oleh tingginya populasi kumbang. Selain itu, penelitian Yunita et al. (2022) mengungkapkan bahwa meskipun populasi *E. kamerunicus* tinggi, nilai *fruit set* tetap berfluktuasi akibat pengaruh perlakuan insektisida dan kondisi fisiologis tanaman.

Dengan demikian, hasil penelitian ini menegaskan bahwa dari ketiga variabel bebas yang diuji, hanya variabel BJR yang berperan paling dominan terhadap kenaikan meskipun belum signifikan secara statistik. Variabel *fruit set* dan populasi kumbang tidak menunjukkan pengaruh nyata. Tingginya nilai R Square (58,6%) mengindikasikan bahwa model regresi ini cukup mampu menjelaskan sebagian besar variasi kenaikan, meskipun faktor lain di luar model juga berperan penting dalam memengaruhi hasil.

Analisis Biaya Per Tahun, Efisiensi H&C dengan Membandingkan Peningkatan Pendapatan dari Peningkatan YPH Per Tahun dan Biaya H&C

Tabel 9. Rangkuman Analisa Ekonomi H&C

Komponen	Kontrol	H&C
BJR (kg/tandan)	7,82	8,25
Jumlah Janjang (per pokok/th)	17,58	17,58
SPH (pokok/ha)	134	134
Produksi Tambahan (kg/ha/th)	0	1.011
Harga TBS (Rp/kg)	3.000	3.000
Pendapatan Tambahan (Rp/ha/th)	0	3.013.650
Biaya H&C (Rp/Th)	0	770.492
Keuntungan Bersih (Rp/th)	0	2.243.158
B/C Ratio	0	3,91

Sumber: Data pengamatan 2025

Hasil analisis ekonomi menunjukkan bahwa penerapan *Hatch and Carry* (H&C) mampu memberikan peningkatan pendapatan yang signifikan dibandingkan dengan kontrol. Berdasarkan perhitungan, rata-rata Berat Janjang Rata-rata (BJR) pada perlakuan H&C mencapai 8,25 kg/tandan, lebih tinggi dibandingkan kontrol yaitu 7,82 kg/tandan. Selisih sebesar 0,43 kg/tandan tersebut, bila dikalikan dengan rata-rata 17,58 janjang per pokok per tahun dan kerapatan tanaman 134 pokok per hektar, menghasilkan tambahan produksi sekitar 1.011 kg/ha/tahun.

Dengan asumsi harga TBS Rp 3.000/kg, tambahan produksi tersebut setara dengan peningkatan pendapatan sebesar Rp 3.013.650/ha/tahun. Sementara itu, biaya penerapan H&C yang meliputi biaya tetap dan operasional adalah sebesar Rp 770.492/ha/tahun. Sehingga, keuntungan bersih yang diperoleh mencapai Rp 2.243.158/ha/tahun. Perbandingan antara tambahan pendapatan dan biaya menghasilkan rasio *Benefit-Cost* (B/C) sebesar 3,91, yang berarti setiap Rp 1 yang dikeluarkan untuk biaya H&C mampu memberikan pengembalian Rp 3,91 dalam bentuk pendapatan tambahan.

Temuan ini menegaskan bahwa penerapan H&C tidak hanya berpengaruh positif terhadap peningkatan produktivitas tandan buah segar, tetapi juga layak secara ekonomi untuk diimplementasikan pada skala yang lebih luas. Nilai B/C ratio yang jauh lebih besar dari 1 menunjukkan tingkat efisiensi yang sangat baik, sehingga teknologi H&C dapat direkomendasikan sebagai strategi pengelolaan perkebunan sawit yang menguntungkan.

Dengan demikian, penerapan H&C dapat dikategorikan sangat efisien dan layak diterapkan dalam skala yang lebih luas. Temuan ini sejalan dengan penelitian nasional sebelumnya yang menyatakan bahwa peningkatan efektivitas penyerbukan melalui intervensi teknologi dapat meningkatkan produktivitas sawit sekaligus memberikan nilai tambah secara

ekonomi (Siburian et al., 2021; Siahaan & Manurung, 2022). Oleh karena itu, strategi penerapan H&C dapat menjadi salah satu alternatif pengelolaan perkebunan yang ramah lingkungan dan berorientasi pada peningkatan hasil produksi secara berkelanjutan.

Analisa wawancara dan FGD untuk memperkuat interpretasi dan mendukung rekomendasi kebijakan. implementasi program *Hatch and Carry* (H&C) pada divisi 6 terbukti memberikan dampak positif terhadap peningkatan *fruit set* dan penurunan tingkat abortus bunga betina. Meskipun demikian, berdasarkan hasil wawancara mendalam dan diskusi kelompok terarah (FGD), teridentifikasi sejumlah hambatan dan kendala teknis yang berpotensi mengurangi efektivitas program di lapangan. Hambatan utama yang paling dominan adalah keterbatasan ketersediaan bunga jantan donor, khususnya pada periode musim hujan. Kondisi ini menyebabkan jumlah kumbang penyerbuk yang dapat ditetaskan berkurang secara signifikan, sehingga distribusi ke blok sasaran tidak selalu dapat dilaksanakan sesuai dengan kebutuhan fisiologis tanaman. Selain itu, faktor lingkungan berupa ketidakstabilan suhu dan kelembaban turut memengaruhi tingkat keberhasilan proses penetasan kumbang di H&C Center.

Hambatan lain yang cukup krusial adalah kondisi infrastruktur jalan menuju blok perlakuan. Pada musim hujan, jalan yang licin dan sulit dilalui kerap mengakibatkan keterlambatan distribusi kumbang, sehingga waktu pelepasan tidak sepenuhnya sinkron dengan fase reseptif bunga betina. Permasalahan ini diperburuk dengan keterbatasan tenaga kerja khusus yang ditugaskan untuk program H&C, di mana sebagian besar petugas masih terbagi dengan pekerjaan lain. Walaupun telah dilakukan briefing harian untuk mengatur pelaksanaan kegiatan, koordinasi teknis di lapangan belum sepenuhnya mampu menjamin kesesuaian waktu pelepasan kumbang dengan kondisi fenologi tanaman.

Berdasarkan temuan tersebut, diperlukan beberapa strategi perbaikan agar implementasi H&C dapat berjalan lebih efektif dan berkelanjutan. Pertama, penambahan blok donor atau pengelolaan pohon jantan secara khusus perlu dilakukan guna memastikan ketersediaan bunga anthesis secara kontinu sepanjang tahun. Kedua, peningkatan kualitas infrastruktur jalan menuju blok produksi harus menjadi prioritas, sehingga distribusi kumbang dapat dilakukan lebih tepat waktu meskipun pada kondisi cuaca ekstrem. Ketiga, manajemen tenaga kerja perlu diperkuat dengan menambah personel khusus yang difokuskan pada kegiatan H&C, sehingga pelepasan kumbang tidak bergantung pada tenaga kerja yang memiliki tugas lain.

Selain itu, pengendalian mikroklimat di H&C Center penting dilakukan melalui pengaturan kelembaban dan suhu menggunakan metode sederhana seperti ventilasi dan sistem

peneduh, sehingga tingkat keberhasilan penetasan kumbang dapat dipertahankan. Optimalisasi koordinasi teknis juga dapat diperoleh dengan penerapan pencatatan fenologi bunga betina yang lebih sistematis, agar pelepasan kumbang selalu bertepatan dengan periode reseptif bunga. Selanjutnya, manajemen perlu memperkuat sistem monitoring dan evaluasi berbasis data, yang tidak hanya mencakup jumlah kumbang yang menetas dan dilepaskan, tetapi juga dihubungkan dengan indikator hasil produksi, seperti *fruit set* dan berat janjang rata-rata.

Dengan penerapan strategi tersebut, hambatan teknis yang ditemukan di lapangan dapat diminimalisasi, sehingga efektivitas program H&C dapat semakin ditingkatkan. Hal ini sekaligus membuka peluang untuk memperluas implementasi program ke blok lain secara lebih sistematis dan berkelanjutan, dengan dukungan manajemen, sumber daya manusia, serta infrastruktur yang memadai.

PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan *hatch and carry* (H&C) mampu memberikan pengaruh nyata terhadap peningkatan produktivitas kelapa sawit. Data yang diperoleh memperlihatkan bahwa perlakuan H&C secara konsisten meningkatkan populasi kumbang *Elaeidobius kamerunicus* dan persentase *fruit set* pada berbagai varietas. Pada varietas Socfindo, misalnya, *fruit set* naik dari 73% pada kontrol menjadi 85% setelah perlakuan, dengan populasi kumbang meningkat dari 13.676 menjadi 20.556 ekor. Peningkatan yang serupa juga ditemukan pada varietas Sriwijaya dan Marihat, dengan lonjakan *fruit set* rata-rata 10–12% serta peningkatan populasi kumbang hingga lebih dari 20.000 ekor. Fakta ini mengindikasikan bahwa keberhasilan penyerbukan sangat erat kaitannya dengan ketersediaan polinator. Hasil ini sesuai dengan pernyataan responden dalam wawancara, yang menyebutkan bahwa blok-blok dengan populasi kumbang rendah biasanya menghasilkan tandan dengan buah kosong lebih banyak, sedangkan setelah H&C diterapkan, buah fertil terlihat lebih penuh dan kualitas tandan meningkat.

Meskipun demikian, nilai BJR tidak selalu meningkat pada perlakuan H&C. Contohnya, pada varietas Marihat di blok A53, BJR justru menurun dari 8,53 kg (kontrol) menjadi 7,49 kg (perlakuan). Hal ini mengindikasikan bahwa keberhasilan penyerbukan tidak selalu berbanding lurus dengan berat janjang, melainkan lebih memengaruhi jumlah buah fertil per janjang. Kondisi ini mendukung penelitian Putra & Susanto (2021) yang menegaskan bahwa produktivitas kelapa sawit lebih ditentukan oleh jumlah buah fertil yang terbentuk dibandingkan ukuran tandan semata. Temuan deskriptif tersebut diperkuat oleh hasil uji Paired Sample T-Test, yang menunjukkan bahwa berat janjang rata-rata (BJR) tidak mengalami perubahan signifikan antar periode, sedangkan produktivitas per hektar (YPH) justru

menunjukkan perbedaan yang sangat signifikan dengan arah negatif. Hal ini berarti meskipun ukuran tandan relatif stabil, jumlah tandan produktif mengalami penurunan sehingga hasil panen per hektar ikut menurun. Para peserta FGD mengonfirmasi fenomena ini dengan menyatakan bahwa meskipun tandan terlihat lebih besar, hasil panen total kadang tidak meningkat karena jumlah tandan yang terbentuk lebih sedikit. Mereka juga menambahkan bahwa faktor lingkungan, kesuburan tanah, dan kondisi iklim berperan besar dalam menentukan jumlah janjang produktif yang bisa dihasilkan tanaman.

Analisis korelasi memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai keterkaitan antar variabel. Perlakuan H&C terbukti memiliki korelasi yang sangat kuat dengan peningkatan populasi kumbang ($r = 0,979$; $p < 0,001$) dan signifikan dengan *fruit set* ($r = 0,734$; $p = 0,007$), serta berhubungan nyata dengan YPH ($r = 0,606$; $p = 0,037$). Hasil ini menegaskan bahwa keberhasilan H&C terutama terletak pada peningkatan populasi polinator, yang pada gilirannya memperbaiki keberhasilan penyerbukan dan mendukung pencapaian produktivitas. Selain itu, *fruit set* juga berkorelasi signifikan dengan populasi kumbang ($r = 0,700$; $p = 0,011$), yang memperkuat pemahaman bahwa mekanisme utama peningkatan produktivitas adalah melalui peningkatan jumlah buah fertil. Wawancara dengan petani mendukung hal ini, di mana mereka menyatakan bahwa efek paling nyata dari H&C bukan pada besarnya tandan, melainkan pada berkurangnya buah kosong dan bertambahnya biji yang terbentuk.

Hasil uji regresi berganda menunjukkan bahwa variabel berat janjang rata-rata (BJR) memiliki kontribusi lebih dominan terhadap variasi kenaikan produktivitas dibandingkan *fruit set* maupun populasi kumbang. Walaupun secara statistik pengaruh BJR belum signifikan pada taraf nyata 5%, kecenderungan positif ini menegaskan bahwa kualitas tandan yang terbentuk tetap menjadi faktor utama dalam peningkatan hasil produksi. Sementara itu, variabel *fruit set* dan populasi kumbang belum menunjukkan pengaruh langsung yang signifikan, meskipun sebelumnya terbukti berhubungan erat melalui analisis korelasi. Kondisi ini menggambarkan bahwa peningkatan populasi kumbang dan *fruit set* tidak serta-merta menghasilkan tambahan produksi apabila tidak diikuti dengan peningkatan bobot tandan.

Namun, dari perspektif analisis ekonomi, penerapan *Hatch and Carry* (H&C) terbukti layak secara finansial dengan nilai B/C ratio sebesar 3,91. Artinya, setiap rupiah biaya yang dikeluarkan untuk program H&C mampu memberikan hampir empat kali lipat pengembalian dalam bentuk tambahan pendapatan. Hal ini menandakan bahwa meskipun regresi menunjukkan keterbatasan pengaruh langsung beberapa variabel bebas terhadap produktivitas, implikasi ekonomi dari program H&C tetap sangat positif. Dengan kata lain, manfaat finansial dari H&C tidak hanya berasal dari peningkatan langsung variabel produksi, tetapi juga dari

efisiensi manajemen, penurunan tingkat partenokarpi, dan perbaikan mutu tandan yang dihasilkan.

Secara keseluruhan, hasil penelitian kuantitatif dan kualitatif saling melengkapi dan memberikan gambaran yang konsisten. Data statistik menegaskan bahwa populasi kumbang dan *fruit set* adalah faktor kunci dalam peningkatan produktivitas kelapa sawit, sedangkan hasil wawancara dan FGD memperkaya pemahaman dengan perspektif praktis di lapangan. Petani dan pengelola kebun mengakui bahwa keberhasilan penerapan H&C mampu mengurangi kerugian akibat buah kosong, meskipun tidak selalu meningkatkan berat janjang rata-rata. Temuan ini sejalan dengan laporan Sari et al. (2023), dalam Jurnal Agronomi Indonesia yang menegaskan pentingnya populasi polinator dalam meningkatkan *fruit set*, serta penelitian Efendi & Rezki (2019), yang menunjukkan efektivitas H&C dalam menekan partenokarpi. Selain itu, penelitian Putra & Susanto (2021), menambahkan bahwa jumlah buah fertil lebih menentukan hasil produksi dibandingkan ukuran tandan, dan Bangun et al. (2024), menekankan bahwa kombinasi teknik polinasi seperti H&C dengan metode lain dapat lebih mengoptimalkan produktivitas.

Dengan demikian, pembahasan ini mempertegas bahwa penerapan H&C merupakan strategi yang efektif dalam meningkatkan produktivitas kelapa sawit secara berkelanjutan. Peningkatan produktivitas tidak diperoleh melalui perbaikan ukuran tandan, melainkan melalui mekanisme ekologis berupa peningkatan jumlah polinator yang memperbaiki *fruit set* dan mengurangi buah kosong. Strategi ini, jika didukung oleh pengelolaan lingkungan, pemupukan berimbang, dan monitoring populasi kumbang yang teratur, dapat memberikan dampak yang lebih luas dalam mendukung keberlanjutan usaha perkebunan kelapa sawit.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, analisis statistik, serta wawancara dan FGD di lapangan, dapat disimpulkan beberapa hal. Penerapan *hatch and carry* (H&C) terbukti efektif meningkatkan populasi kumbang *Elaeidobius kamerunicus* dan persentase *fruit set* pada kelapa sawit. Rata-rata *fruit set* meningkat sekitar 10–12% dibanding kontrol. Berat janjang rata-rata (BJR) tidak menunjukkan perubahan signifikan antar periode, namun produktivitas per hektar (YPH) berbeda sangat signifikan. Penurunan YPH menunjukkan bahwa produktivitas lebih dipengaruhi oleh jumlah janjang produktif dan keberhasilan penyerbukan, bukan hanya ukuran tandan.

Korelasi Pearson menegaskan bahwa peningkatan YPH lebih ditentukan oleh *fruit set* dan populasi kumbang, bukan oleh BJR yang cenderung berkorelasi negatif terhadap

produktivitas. Hasil korelasi memperlihatkan bahwa perlakuan H&C berhubungan sangat kuat dengan peningkatan populasi kumbang ($r = 0,979$; $p < 0,001$) dan signifikan dengan *fruit set* ($r = 0,734$; $p = 0,007$) serta YPH ($r = 0,606$; $p = 0,037$). Temuan ini menegaskan bahwa peningkatan produktivitas lebih dominan ditentukan oleh populasi polinator dan keberhasilan *fruit set*. Regresi berganda menegaskan ketiga variabel bebas (BJR, *fruit set*, dan populasi kumbang) tidak berpengaruh signifikan terhadap kenaikan ($p = 0,059$). Namun demikian, nilai R Square sebesar 0,586 menunjukkan bahwa model penelitian ini mampu menjelaskan variasi kenaikan sebesar 58,6%, sedangkan sisanya sebesar 41,4% dipengaruhi oleh faktor lain di luar model, seperti kualitas bunga jantan, nutrisi tanaman, serta kondisi agroekologi. Penerapan teknologi *Hatch and Carry* (H&C) meningkatkan produktivitas kelapa sawit sekitar 1 ton/ha/tahun dengan keuntungan bersih Rp 2,24 juta/ha/tahun, serta rasio B/C sebesar 3,9, sehingga terbukti efisien dan layak diterapkan pada skala kebun. Implementasi praktis dari penelitian ini adalah perlunya program H&C rutin, monitoring populasi kumbang, pengendalian partenokarpi, serta integrasi dengan teknik polinasi lain untuk meningkatkan produktivitas kelapa sawit secara berkelanjutan.

DAFTAR REFERENSI

- Abidin, S. (2017). *Pengaruh fruit set terhadap produktivitas tanaman kelapa sawit* [Skripsi, Universitas Brawijaya].
- Arifin, Z., & Suryanto, A. (2020). Efisiensi biaya produksi dan keuntungan usaha tani kelapa sawit di Sumatera Utara. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 25(3), 189–198.
- Bangun, D. J., Andayani, N., & Parwati, W. D. U. (2024). Box polinasi dan assisted polinasi terhadap fruit set varietas Socfindo. *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Pertanian*, Institut Pertanian Stiper Jogja.
- Basri, M. C. (2001). *The political economy of manufacturing protection in Indonesia, 1975–1995* (Unpublished doctoral dissertation). The Australian National University.
- Corley, R. H. V., & Tinker, P. B. (2016). *The oil palm* (5th ed.). Wiley-Blackwell. <https://doi.org/10.1002/9781118953297>
- Efendi, S., & Rezki, D. (2019). Aplikasi teknologi Hatch & Carry serangga polinator *Elaeidobius kamerunicus*. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, Universitas Gadjah Mada.
- Gintoron, C. S., Mohammed, M. A., Sazali, S. N., Deka, E. Q., Ong, K. H., Shamsi, I. H., & King, P. J. H. (2023). Factors affecting pollination and pollinators in oil palm plantations: A review with an emphasis on the *Elaeidobius kamerunicus* weevil (Coleoptera: Curculionidae). *Insects*, 14(5), 454. <https://doi.org/10.3390/insects14050454>
- Hanafiah, D. S., Lubis, K., & Mulyadi. (2021). Pengaruh teknik penyerbukan terhadap produktivitas kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Jurnal Pertanian Tropika*, 8(2), 101–110.

- Hidayat, R., & Prasetyo, A. (2021). Analisis biaya dan manfaat (B/C Ratio) pada usaha perkebunan kelapa sawit rakyat. *Jurnal Sosial Ekonomi Pertanian Nasional*, 5(2), 77–86.
- Indonesian Oil Palm Research Institute (IOPRI). (2020). Faktor-faktor yang memengaruhi fruit set pada tanaman kelapa sawit. *Warta Pusat Penelitian Kelapa Sawit*, 26(1), 15–22.
- Lee, K. T., & Ofori-Boateng, C. (2013). *Sustainability of biofuel production from oil palm biomass*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-981-4451-70-3>
- Li, R., et al. (2017). Comparative transcriptome analysis of oil palm flowers reveals an EAR-motif-containing R2R3-MYB that modulates phenylpropene biosynthesis. *BMC Plant Biology*, 17(1), 1–13. <https://doi.org/10.1186/s12870-017-1174-4>
- Lubis, H., Simatupang, R., & Rambe, T. (2021). Korelasi populasi kumbang penyerbuk (*Elaeidobius kamerunicus*) dengan fruit set kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Jurnal Agroekoteknologi*, 9(3), 123–132.
- Meijaard, E., et al. (2019). Introduction of current pollination techniques and factors affecting pollination effectiveness by *Elaeidobius kamerunicus* in oil palm plantations on regional scales. *Journal of Tropical Ecology*, 35(5), 123–134.
- Nasution, M. R., Siregar, H. S., & Lubis, A. (2020). Pengaruh peningkatan penyerbukan terhadap efisiensi panen dan rendemen kelapa sawit. *Jurnal Agribisnis Perkebunan*, 8(2), 45–54.
- Nasution, M. R., Siregar, M. R., & Hasibuan, R. S. (2020). Pengaruh pengelolaan penyerbukan terhadap produktivitas kelapa sawit. *Jurnal Agroteknologi*, 8(2), 123–130.
- Prasetyo, A. E., Purba, W. O., & Susanto, A. (2014). *Elaeidobius kamerunicus*: Application of Hatch and Carry technique for increasing oil palm fruit set. *Journal of Oil Palm Research*, 26(3), 195–202.
- Pratama, B. D. (2023). *Peningkatan populasi Elaeidobius kamerunicus dengan teknik Hatch and Carry Mobile untuk meningkatkan produktivitas kelapa sawit* [Skripsi, Institut Pertanian Stiper].
- Purba, D. M., Sinaga, R. H., & Ginting, M. (2021). Evaluasi teknik penambahan populasi kumbang penyerbuk terhadap fruit set kelapa sawit. *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit*, 29(3), 135–142.
- Putra, A. P., & Susanto, A. (2021). Hubungan jumlah buah fertil dan berat tandan terhadap produktivitas kelapa sawit. *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit*, 29(1), 33–42.
- Riley, S. O. (2022). Pollinators of oil palm and relationship to fruit set and yield. *OCL*, 29(1). <https://doi.org/10.1051/ocl/2022009>
- Santoso, B. (2019). Strategi pengelolaan serangga penyerbuk untuk meningkatkan produktivitas kelapa sawit. *Buletin Teknologi Perkebunan*, 15(1), 45–52.
- Sari, D. P., & Nugraha, B. A. (2023). Pengaruh fruit set dan jumlah janjang produktif terhadap hasil sawit di Sumatera Utara. *Jurnal Agronomi Indonesia*, 51(3), 289–298.
- Sari, W. K., et al. (2023). Dinamika populasi kumbang *Elaeidobius kamerunicus* di Nagari Simawang, Sumatera Barat. *Jurnal Agrikultura*, Universitas Padjadjaran.
- Siahaan, J., & Manurung, H. (2022). Analisis efisiensi teknologi pengelolaan perkebunan kelapa sawit terhadap produktivitas TBS. *Jurnal Agroekonomi Nasional*, 10(1), 45–56.

- Siburian, R., Sihombing, H., & Hutabarat, M. (2021). Peningkatan produktivitas kelapa sawit melalui inovasi teknologi penyerbukan buatan. *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit Indonesia*, 9(2), 115–124.
- Sipayung, R., & Suryani, A. (2022). Inovasi teknologi penyerbukan di perkebunan sawit. *Jurnal Agribisnis dan Teknologi Pertanian*, 10(1), 77–85.
- Swaray, S., et al. (2021). Assessment of oil palm pollinating weevil (*Elaeidobius kamerunicus*) population density. *Plant and Microbe Communities (PMC)*.
- Syed, R. A. (1979). Studies on oil palm pollination by insects. *Bulletin of Entomological Research*, 69(2), 213–224. <https://doi.org/10.1017/S0007485300017673>
- Syed, R. A. (2004). Preliminary observations on a field population of the oil palm pollinating weevil *Elaeidobius kamerunicus* in Nigeria. *International Journal of Tropical Insect Science*, 24(3), 123–129. <https://doi.org/10.1079/IJT200431>
- Wibowo, B. T., & Nugraha, P. (2019). Dampak penggunaan teknologi penyerbukan terhadap peningkatan hasil tandan buah segar kelapa sawit. *Jurnal Agronomi Nusantara*, 7(1), 33–41.
- Yunita, E., Siregar, R., & Hidayat, R. (2022). Pengaruh perlakuan infus akar terhadap populasi *Elaeidobius kamerunicus* dan fruit set kelapa sawit. *Jurnal Agroekologi Tropika*, 10(2), 45–55.
- Zulkefli, M. H. H. (2020). Beyond four decades of *Elaeidobius kamerunicus*: A review in Southeast Asia. *Journal of Tropical Ecology*, 36(2), 145–156. Cambridge University Press.