

<https://doi.org/10.17576/serangga-2024-2903-12>

KECENDERUNGAN KUMBANG PENDEBUNGA, *Elaeidobius kamerunicus* KELAPA SAWIT TERHADAP KEPEKATAN SEBATIAN ESTRAGOL YANG BERBEZA

[RESPONSES OF WEEVIL OF OIL PALM, *Elaeidobius kamerunicus* TO VARIOUS ESTRAGOLE CONCENTRATIONS]

Muhamad-Fahmi Muhamad Halil¹, Dzulhelmi Muhammad Nasir⁴, Johari Jalinis¹, Wan-Aida Wan Mustapha³, Mohd-Shahrul Mohd Nadzir² & Idris Abdul Ghani^{1*}

¹Centre for Insects Systematics,
Department of Biological Sciences and Biotechnology,
Faculty of Science & Technology,
Universiti Kebangsaan Malaysia,
43600 UKM Bangi, Selangor, Malaysia

²Department of Earth Sciences and Environmental,
Faculty of Science & Technology,
Universiti Kebangsaan Malaysia,
43600 UKM Bangi, Selangor, Malaysia

³Department of Food Sciences,
Faculty of Science & Technology,
Universiti Kebangsaan Malaysia,
43600 UKM Bangi, Selangor, Malaysia

⁴Department of Crop Protection & Bio-solutions,
FGV R&D Sdn Bhd, PPP Tun Razak,
27000, Jerantut, Pahang, Malaysia

*Pengarang Berutusan: idrissyatie@yahoo.com.my

Hantar: 21 Jun 2024; Terima: 4 Ogos 2024

ABSTRAK

Sebatian kimia organik meruap (SKOM) merupakan hidrokarbon yang terbentuk melalui tindakbalas hasil interaksi antara tumbuhan dengan persekitarannya. SKOM memainkan peranan penting dalam aktiviti pendebungaan, tumbesaran pokok serta perlindungan terhadap tumbuhan daripada perubahan keadaan persekitaran. Salah satu SKOM yang dihasilkan bunga sawit adalah sebatian estragol. Penghasilan sebatian estragol dalam bunga sawit bertujuan untuk menarik kehadiran kumbang pendebunga, *Elaeidobius kamerunicus* bagi menjalankan aktiviti pendebungaan pada bunga. Objektif kajian ini adalah untuk menentukan perbezaan respon *E. kamerunicus* jantan dan betina yang liar dan dibiak di makmal terhadap larutan estragol komersial yang berbeza kepekatan. Hasil kajian makmal menunjukkan terdapat perbezaan min peratusan bilangan kumbang *E. kamerunicus* terhadap kepekatan sebatian estragol yang berlainan. Dalam kajian ini, min peratusan kumbang *E. kamerunicus* dicatatkan paling tinggi pada kepekatan estragol 100 ppm dan berbeza secara signifikan ($P < 0.05$) berbanding kepekatan estragol yang lain (1, 5, 10, 30, 50, 70, 150, 200) ppm. Dari hasil kajian ini menggambarkan bahawa kepekatan sebatian estragol yang berbeza di ladang yang

di pengaruhi banyak faktor mampu memberi kesan ke atas respon dan peranana kumbang *E. kamerunicus* sebagai pendebunga utama sawit dan peratus pembentukan buah.

Kata kunci: Pendebungaan, sawit, perkhidmatan ekosistem, sebatian meruap

ABSTRACT

Volatile organic chemical compounds (VOC) are hydrocarbons that are formed through the response of interactions between plants and their surroundings. VOC plays an important role in pollination activity, plant growth and protection against plants from changing environmental conditions. One of the VOC produced by oil palm flowers is the estragole compound. The production of estragole in oil palm flowers aims to attract the presence of pollinating weevil, *Elaeidobius kamerunicus* to carry out pollination activities on flower. The objectives of this study were to assess the response of the wild and laboratory reared *E. kamerunicus* (male and female) toward different concentration of commercial estragole. Laboratory study results showed that there was a difference in the mean percentage of *E. kamerunicus* weevil recorded between series of different concentrations of estragole compound. In this study, mean percentage number of *E. kamerunicus* weevil was recorded highest on estragole with the concentrations of 100 ppm which differed significantly ($P < 0.05$) to other estragole concentrations (1, 5, 10, 30, 50, 70, 150, 200 ppm). From the results of this study, it is shown that different concentrations of estragole compounds in the field, which is influenced by many factors, can affect the response and role of the beetle *E. kamerunicus* as the main pollinator of oil palm and the percentage of fruit set.

Keywords: Pollination, oil palm, ecosystem service, volatile compound

PENDAHULUAN

Kelapa sawit merupakan antara tanaman komoditi penting yang menggunakan serangga sebagai agen pendebunga. Menariknya lagi, tanaman ini juga mempunyai serangga pendebunga yang khusus yang hanya mendebungkan pokok sawit iaitu kumbang *Elaeidobius kamerunicus* (Sambathkumar & Ranjith 2011; Setyamidjaja 2006). Kumbang yang tergolong dalam famili Curculionidae ini berasal dari Cameroon, Afrika Barat. Ia dibawa masuk ke beberapa buah negara termasuk Malaysia sekitar tahun 80an untuk dilepaskan ke ladang sawit bagi membantu aktiviti pendebungaan (Appiah & Agyei 2013; Caudwell et al. 2003). Kehadiran kumbang pendebunga *E. kamerunicus* telah berjaya membantu menyelesaikan masalah pendebungaan yang dihadapi di ladang sawit sekaligus membawa kepada peningkatan hasil pengeluaran buah sawit di kebanyakan negara seperti Malaysia, Indonesia, India dan lain-lain lagi (Caudwell et al. 2003; Ponnamma 1999).

Antara faktor yang menyebabkan kumbang pendebunga *E. kamerunicus* tertarik kepada bunga sawit adalah kesesuaian bunga sawit untuk dijadikan tempat tinggal dan sumber makanan. Menurut Tuo et al. (2011), keseluruhan kitar hidup kumbang pendebunga *E. kamerunicus* berlaku di bunga jantan sawit di mana peringkat telur, larva serta pupa hidup di bahagian dalam bunga jantan manakala kumbang dewasa hidup dengan memakan dan mengawan di sekitar bahagian luar bunga. Selain itu, kehadiran kumbang *E. kamerunicus* juga didorong oleh faktor aroma daripada bunga sawit yang dibebaskan ketika peringkat anthesis bunga. Hasil kajian lepas menunjukkan kumbang pendebunga *E. kamerunicus* cenderung untuk memilih bunga sawit berbanding bunga palma yang lain disebabkan tertarik dengan aroma yang kuat yang dihasilkan bunga sawit (Adaigbe et al. 2011; Corley & Tinker 2003).

Manakala hasil kajian kimia ke atas bunga sawit antesis pula mendapati aroma yang dihasilkan oleh bunga ini berpunca daripada sebatian estragol (Anggraeni et al. 2013; Muhamad Fahmi et al. 2016).

Estragol adalah salah satu sebatian kimia organik meruap yang banyak didapati pada tumbuhan terutamanya jenis tumbuhan herba dan tumbuhan aromatik (Raffo et al. 2010; Yamani et al. 2014). Sifatnya yang mudah meruap serta mempunyai aroma yang wangi dan kuat menjadikan sebatian ini sering digunakan sebagai bahan dalam penghasilan makanan dan wangian (Vincenzi et al. 2000). Sebatian ini juga mampu bertindak sebagai daya penarik kehadiran serangga bagi beberapa jenis tumbuhan berbunga termasuklah tanaman kelapa sawit (Hiroshi & Masumi 2006; Leslie & Richard 2004; Tandon et al. 2001). Seperti yang diketahui, faktor abiotik dan biotik mampu mempengaruhi bunga sawit dalam penghasilan kepekatan sebatian estragol yang berbeza-beza. Hal ini dilihat boleh memberi kesan ke atas tingkah laku dan kelakuan kumbang *E. kamerunicus* disebabkan kumbang amat tertarik dengan aroma daripada sebatian estragol yang mana sebatian ini telah dikenalpasti antara faktor utama yang menarik kehadiran kumbang *E. kamerunicus* terhadap kelapa sawit (Appiah & Agyei-Dwarko 2013; Hussein et al. 1991). Walau bagaimanapun, kajian tentang pengaruh sebatian estragol ke atas kelakuan dan tingkah laku kumbang *E. kamerunicus* masih kurang dijalankan. Ini mungkin disebabkan kajian berkaitan kumbang pendebunga *E. kamerunicus* lebih tertumpu kepada taburan dan populasi kumbang di ladang sawit. Selain itu, faktor cuaca seperti hujan serta kawasan ladang sawit yang tidak sesuai antara kekangan yang menghalang kajian kelakuan kumbang ini untuk dijalankan di ladang. Oleh yang demikian, kajian dijalankan di makmal menggunakan sebatian estragol piawai bagi memahami peranan sebatian ini dalam hubungannya dengan kelakuan *E. kamerunicus*. Objektif kajian adalah bertujuan untuk menentukan kecenderungan antara kumbang *E. kamerunicus* jantan serta betina daripada jenis liar dan yang dibiakkan di makmal terhadap kepekatan sebatian estragol yang berbeza-beza.

BAHAN DAN KAEDAH

Lokasi Kajian dan Penyediaan Olfaktometer

Kajian ini dijalankan di makmal kawalan biologi, Pusat Penyelidikan Agrobiodiversiti dan Persekitaran, MARDI Serdang, Selangor, Malaysia Kajian dijalankan menggunakan alat olfaktometer jenis empat lengan yang berbentuk segiempat sama berukuran 107 cm (Panjang) x 107 cm (Lebar) daripada syarikat Toption, China (Rajah 1). Alat ini terbahagi kepada dua bahagian iaitu bahagian utama diperbuat daripada gentian plastik akrilik keras berwarna putih dan dilapik dengan plastik tebal berwarna jernih pada bahagian atas. Alat ini mempunyai empat lengan atau empat bukaan lubang pada setiap sisi dan satu bukaan lubang pada bahagian tengah. Setiap bukaan lubang dipasang dengan alat kelalang kaca berbentuk bulat dengan hujungnya mempunyai saluran kecil yang terbuka bagi aliran udara. Tiub getah disambungkan daripada saluran kecil ini ke bahagian silinder kaca yang lain yang mengandungi serbuk arang bertujuan menyerap bau bagi memastikan hanya aroma daripada sebatian estragol didapati pada alat olfaktometer. Manakala bukaan lubang pada bahagian tengah alat ini disambungkan pada pam penyedut menggunakan tiub getah. Pam penyedut dihidupkanketika eksperimen dijalankan bertujuan memastikan berlakunya pengaliran udara dalam ruangan bahagian olfaktometer.



Rajah 1. Alat olfaktometer jenis empat lengan

Pensampelan Dan Pemeliharaan Kumbang *Elaeidobius kamerunicus*

Dalam kajian ini, kumbang *E. kamerunicus* yang digunakan terdiri dari jenis liar dan pembiakan makmal. Pensampelan kumbang *E. kamerunicus* liar diperolehi daripada ladang sawit MPOB Keratong, Pahang, Malaysia. Pensampelan dilakukan dengan cara membungkus bunga jantan yang telah matang (peringkat akhir antesis) pada pokok sawit menggunakan kain kasa untuk mendapatkan kumbang *E. kamerunicus* dewasa yang baru keluar dari kelongsong pupa (Zahari et al. 2009). Pembungkusan ini bertujuan memastikan kumbang yang telah menjelma tidak keluar serta bercampur dengan kumbang *E. kamerunicus* liar yang lain yang terdapat di kawasan ladang. Sampel kumbang *E. kamerunicus* liar ini dibawa balik ke makmal yang mana sebahagiannya digunakan dalam eksperimen dan sebahagian yang lain dipelihara untuk dibiakkan bagi mendapatkan kumbang *E. kamerunicus* jenis pembiakan makmal. Pembungkusan juga dilakukan pada beberapa bunga jantan sawit yang masih di peringkat pra antesis. Ini bertujuan memastikan bunga bebas daripada dihindangi oleh sebarang serangga pendebunga ketika memasuki peringkat antesis. Bunga jantan yang telah antesis diambil untuk digunakan sebagai sumber makanan bagi kumbang *E. kamerunicus* di makmal.

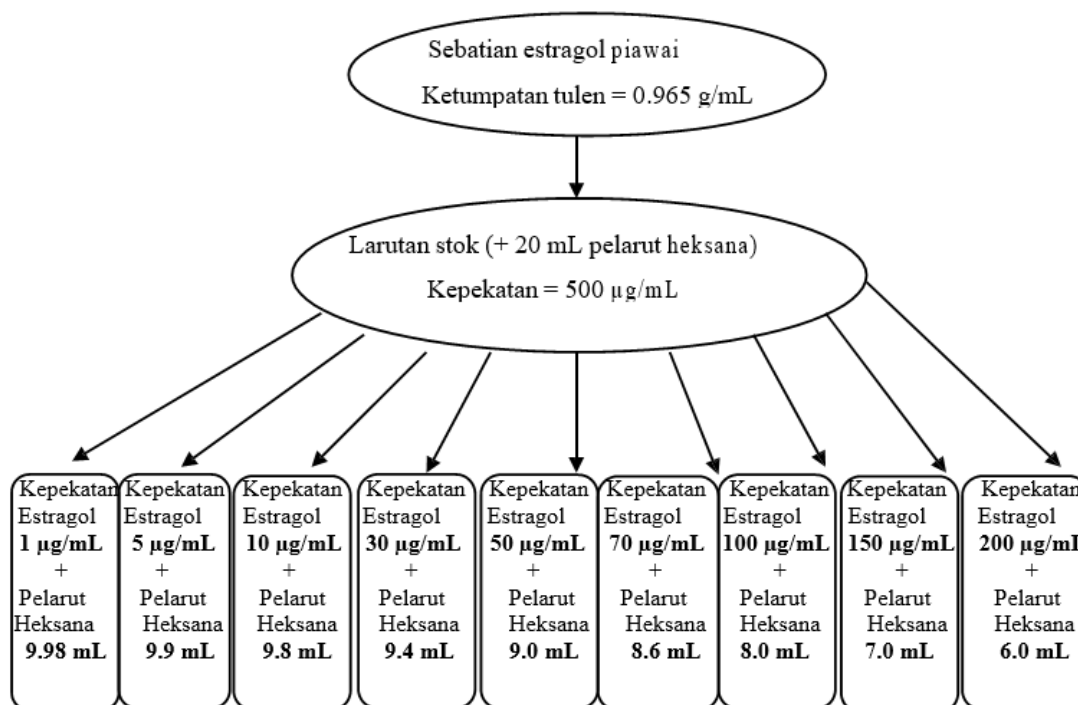
Sementaraitu, proses pembiakan kumbang *E. kamerunicus* untuk mendapatkan kumbang jenis pembiakan makmal dilakukan di dalam makmal pada suhu bilik sekitar 26-28°C dalam keadaan cahaya terpasang (12 jam bercahaya: 12 jam gelap). Proses ini dilakukan dengan memelihara sejumlah bilangan kumbang dewasa *E. kamerunicus* jantan dan betina jenis liar yang diperolehi dari ladang sawit di dalam beberapa bekas balang plastik berukuran (16 cm Tinggi x 10 cm Lebar diameter). Bekas balang plastik yang digunakan dilubangkan sedikit untuk pengudaraan dan diletakkan beberapa spikelet bunga jantan (antesis) sebagai sumber makanan serta tempat bertelur bagi kumbang *E. kamerunicus*. Setelah beberapa hari, spikelet di dalam balang plastik dikeluarkan dan digantikan dengan yang baru. Spikelet ini kemudian diasingkan ke bekas plastik yang lain dan dibiarkan pada suhu bilik sehingga kumbang *E. kamerunicus* dewasa jenis pembiakan makmal baru menetas. Proses pensampelan dan pemeliharaan kumbang *E. kamerunicus* liar untuk mendapatkan generasi pertama kumbang *E. kamerunicus* jenis pembiakan makmal ini dilakukan beberapa kali sehingga jumlah bilangan kumbang yang ingin digunakan dalam kajian mencukupi.

Penyediaan Kepekatan Larutan Sebatian Estragol

Sebatian estragol piawai yang digunakan dalam kajian ini diperolehi daripada syarikat Sigma-Aldrich, USA. Sembilan siri kepekatan estragol telah disediakan iaitu 1, 5, 10, 30, 50, 70, 100,

150 dan 200 µg/mL yang mana setiap siri kepekatan dicampur bersama pelarut heksana untuk mendapatkan larutan campuran 10 mL. Pemilihan siri kepekatan sebatian estragol dalam kajian ini adalah berpandukan hasil kajian awal ke atas nilai kepekatan estragol sebenar yang didapati pada bunga sawit ketika anthesis serta ditambah dengan beberapa lagi nilai siri kepekatan. Bagi mendapatkan siri kepekatan estragol yang berbeza ini, kaedah pencairan ($M_1V_1=M_2V_2$) telah digunapakai. Dalam kaedah ini, satu larutan stok yang berkepekatan 500 µg/mL dalam jumlah 20 mL disediakan dengan mengambil sejumlah 10.36 µl estragol piawai (ketumpatan tulen estragol dalam bentuk cecair pada botol=0.965 g/mL) untuk dicampurkan bersama 20 mL pelarut heksana (Rajah 2). Daripada larutan stok, sejumlah 4 mL diambil dan ditambah dengan 6 mL pelarut heksana untuk mendapatkan siri kepekatan 200 µg/mL. Kepekatan 150 µg/mL pula disediakan dengan mengambil sejumlah 3 mL daripada larutan stok dan ditambah dengan 7 mL pelarut heksana. Manakala kepekatan 100 µg/mL disediakan dengan mengambil sejumlah 2 mL larutan stok dan ditambah bersama 8 mL pelarut heksana.

Seterusnya sebanyak 1.4 mL larutan stok diambil untuk dicampur bersama 8.6 mL pelarut heksana bagi mendapatkan siri kepekatan 70 µg/mL. Kepekatan 50 µg/mL disediakan dengan cara mencampur 9 mL pelarut heksana bersama 1 mL larutan stok. Bagi siri kepekatan 30 µg/mL dan 10 µg/mL, sejumlah 0.6 mL dan 0.2 mL larutan stok diambil untuk ditambah bersama 9.4 mL dan 9.8 mL pelarut heksana. Akhir sekali sejumlah 0.1 mL dan 0.02 mL daripada larutan stok diambil dan ditambah dengan 9.9 mL serta 9.98 mL pelarut heksana bagi menghasilkan siri kepekatan larutan 5 µg/mL dan 1 µg/mL (Rajah 2). Proses penyediaan siri kepekatan ini dilakukan beberapa kali sehingga eksperimen habis dijalankan. Dalam kajian ini unit bagi siri kepekatan estragol berbeza yang digunakan pada hasil iaitu ppm (bahagian per juta / 'part per million') adalah sama dengan unit µg/mL.



Rajah 6.2 Carta alir penyediaan larutan siri kepekatan estragol

Rajah 2. Carta alir penyediaan larutan siri kepekatan estragol

Rekabentuk Eksperimen

Kaedah eksperimen adalah berdasarkan kajian olfaktometer yang dijalankan Silva-Filho et al. (2012) ke atas kumbang *Conotrachelus psidii* (Coleoptera: Curculionidae) dengan sedikit ubahsuai. Olfaktometer yang digunakan adalah berbentuk segiempat yang mempunyai empat bukaan. Ini membolehkan tiga kepekatan larutan estragol yang berbeza dan satu kawalan (pelarut heksana) digunakan secara serentak dalam satu eksperimen berbanding pada alat olfaktometer berbentuk tiub Y. Kapas muka digunakan untuk meletakkan sebanyak 1 mL larutan estragol bagi setiap siri kepekatan yang digunakan dalam eksperimen. Sejumlah 900 ekor kumbang *E. kamerunicus* dewasa yang terdiri jenis liar dan pembiakan makmal digunakan dalam kajian ini. Kajian ini dijalankan di makmal kawalan biologi (MARDI) bermula pada waktu 9.00 pagi hingga 5.00 petang dengan suhu bilik sekitar 25-27°C, berkelembapan relatif/bandingan antara 60-80% serta dalam keadaan bercahaya menggunakan lampu pendaflour sepanjang eksperimen berjalan.

Elaeidobius kamerunicus tidak diberikan sumber makanan (bunga jantan sawit) sekurangnya 10-12 jam sebelum eksperimen dijalankan bertujuan mengelakkan kumbang terdedah dengan aroma sebatian estragol. Dalam eksperimen ini, kajian bagi kumbang *E. kamerunicus* jenis liar dan makmal dijalankan secara berasingan. Kajian dimulakan dengan melepaskan kumbang *E. kamerunicus* secara berkelompok pada satu masa yang mana mengandungi sejumlah sepuluh ekor kumbang terdiri daripada lima jantan dan lima betina. Kelompok kumbang ini dilepaskan daripada bahagian tengah alat olfaktometer. Setiap sisi alat olfaktometer ini pula telah dipasang dengan kelalang kaca berbentuk bulat. Kelalang kaca ini diisi dengan kapas muka yang telah dititiskan dengan larutan sebatian estragol. Setiap kelompok kumbang *E. kamerunicus* didedahkan kepada tiga siri kepekatan estragol yang berbeza beserta kawalan yang mana dilakukan secara berasingan iaitu siri kepekatan (1 ppm, 5 ppm, 10 ppm, kawalan), siri kepekatan (30 ppm, 50 ppm, 70 ppm, kawalan) dan siri kepekatan (100 ppm, 150 ppm, 200 ppm, kawalan). Eksperimen bagi setiap siri kepekatan estragol ini diulang sebanyak 15 kali (replikasi).

Tempoh masa yang diberikan bagi setiap kelompok kumbang *E. kamerunicus* untuk satu eksperimen pula adalah selama 30 minit. Kelompok kumbang *E. kamerunicus* hanya digunakan sekali sahaja bagi setiap eksperimen. Eksperimen seterusnya menggunakan kelompok kumbang *E. kamerunicus* yang berbeza. Penutup plastik di bahagian atas alat olfaktometer dibuka dan dibiarkan selama 15 hingga 20 minit setiap kali selepas satu eksperimen habis dijalankan bagi memastikan tiada kelompok kumbang *E. kamerunicus* yang tertinggal di dalamnya. Manakala kelalang kaca bulat dibersihkan apabila kepekatan larutan estragol yang baru dan berbeza digunakan. Data bilangan kumbang *E. kamerunicus* yang didapati pada setiap kelalang kaca bulat dicatatkan setiap kali selepas satu eksperimen selesai dijalankan.

Analisis Data

Kesemua data bilangan kumbang *E. kamerunicus* yang direkodkan ditukar ke dalam bentuk peratusan. Transformasi data dilakukan terlebih dahulu kepada bentuk normal menggunakan transformasi arcsin (ASIN) bagi data peratusan yang digunakan. Seterusnya, data yang telah ditransformasi dianalisa menggunakan ujian ANOVA tiga hala bagi melihat pengaruh kepekatan estragol, jenis serta jantina kumbang yang berbeza terhadap tahap kecenderungan kumbang *E. kamerunicus* ke atas sebatian estragol. Sekiranya hasil ANOVA menunjukkan perbezaan yang signifikan pada aras kebarangkalian ($P < 0.05$), nilai min bilangan kumbang *E. kamerunicus* antara faktor kajian dibandingkan menggunakan ujian Tukey.

HASIL

Hasil ANOVA tiga hala mendapati terdapat perbezaan yang signifikan bagi kepekatan estragol ($F=139.81$; $P<0.05$) serta interaksi antara jantina dengan kepekatan estragol ($F=3.91$; $P<0.05$) yang mempengaruhi jumlah bilangan kumbang *E. kamerunicus* terhadap kepekatan sebatian estragol yang berbeza. Namun faktor jenis dan jantina kumbang *E. kamerunicus* tidak menunjukkan perbezaan yang signifikan ($P>0.05$) yang mempengaruhi bilangan kumbang terhadap sebatian estragol. Keadaan yang sama juga dilihat apabila tiada interaksi yang signifikan ($P>0.05$) antara faktor jenis dengan jantina kumbang, jenis dengan kepekatan estragol, serta jenis dan jantina kumbang dengan kepekatan estragol yang mempengaruhi jumlah bilangan kumbang *E. kamerunicus* terhadap sebatian estragol (Jadual 1)

Jadual 1. Ujian ANOVA tiga hala ke atas kecenderungan kumbang pendebunga *E. kamerunicus* terhadap kepekatan sebatian estragol berbeza

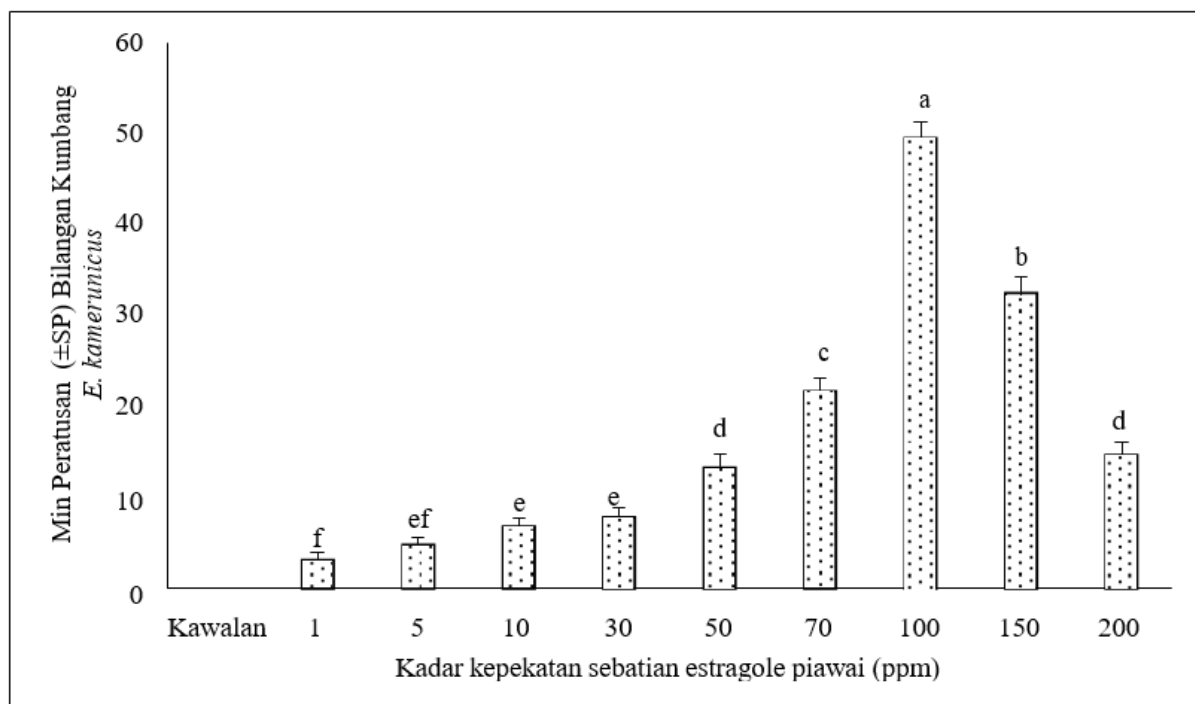
Sumber	dk	ANOVA SS	Nilai F	Nilai P
Jenis (Liar/Makmal)	1	0.11	2.27	>0.05
Jantina (Jantan/Betina)	1	0.12	0.07	>0.05
Kepekatan	9	64.25	139.81	<0.05
Jenis*Jantina	1	0.27	0.24	>0.05
Jenis*Kepekatan	9	0.44	0.96	>0.05
Jantina*Kepekatan	9	1.79	3.91	<0.05
Jenis*Jantina*Kepekatan	9	0.43	0.93	>0.05
Ralat	1160	59.23		
Jumlah	1199	126.28		

Melalui kajian yang dijalankan didapati kumbang *E. kamerunicus* cenderung kepada kepekatan estragol 100 ppm (Rajah 3). Ini berdasarkan hasil kajian yang menunjukkan min peratusan bilangan kumbang paling tinggi dicatatkan pada kepekatan estragol 100 pm iaitu $49.5\pm 1.7\%$ dan berbeza secara signifikan ($P<0.05$) berbanding kepekatan lain. Ini diikuti kepekatan estragol 150 ppm yang mencatatkan min peratusan bilangan kumbang kedua tertinggi iaitu $32.5\pm 1.6\%$ serta berbeza secara signifikan ($P<0.05$) berbanding kepekatan lain. Manakala kepekatan estragol 70 ppm yang mencatatkan min peratusan bilangan kumbang ketiga tertinggi iaitu $21.6\pm 1.5\%$ juga menunjukkan perbezaan secara signifikan ($P<0.05$) berbanding kepekatan yang lain. Sementara itu, min peratusan kumbang *E. kamerunicus* yang dicatatkan pada kepekatan estragol 200 ppm dan kepekatan 50 ppm tidak menunjukkan perbezaan yang signifikan antara satu sama lain ($P>0.05$). Begitu juga bagi kepekatan estragol 30 ppm dan 10 ppm yang mana min peratusan bilangan kumbang yang dicatatkan adalah tidak berbeza secara signifikan ($P>0.05$) antara satu sama lain. Hasil kajian juga menunjukkan min peratusan kumbang *E. kamerunicus* paling sedikit didapati pada kepekatan estragol 1 ppm iaitu $3.1\pm 0.7\%$ tetapi tidak berbeza secara signifikan ($P>0.05$) dengan min peratusan kumbang yang dicatatkan pada kepekatan estragol 5 ppm. Tiada sebarang peratusan kumbang *E. kamerunicus* yang dicatatkan pada kawalan dalam kajian ini (Rajah 3).

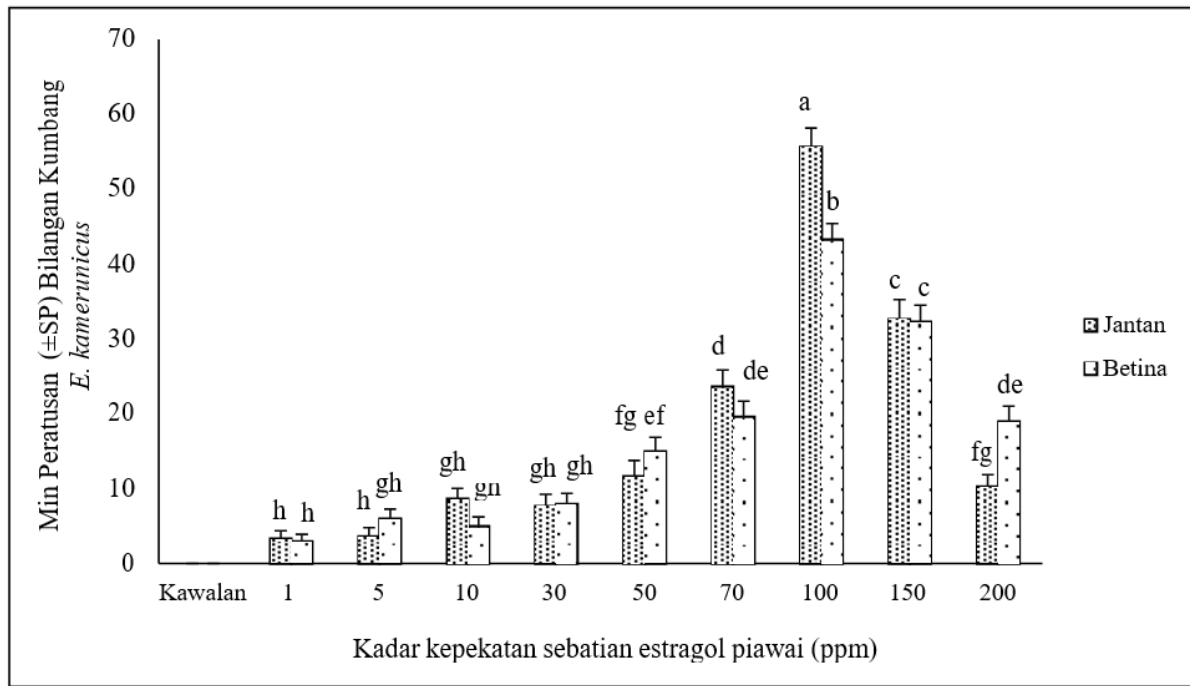
Dalam pada itu, hasil interaksi antara faktor jantina dengan kepekatan mendapati kumbang jantan dan betina *E. kamerunicus* masing-masing mencatatkan min peratusan bilangan kumbang paling tinggi pada kepekatan estragol 100 ppm iaitu $55.6\pm 2.5\%$ dan $43.3\pm 2.0\%$ yang mana berbeza secara signifikan ($P<0.05$) dengan jantina pada kepekatan estragol yang lain (Rajah 4). Manakala min peratusan kumbang paling sedikit yang dicatatkan

kumbang jantan dan betina *E. kamerunicus* adalah pada kadar kepekatan estragol 1 ppm iaitu $3.3 \pm 1.0\%$ dan $3.0 \pm 0.9\%$. Hasil interaksi juga mendapati min peratusan bilangan kumbang yang dicatatkan tidak menunjukkan perbezaan yang signifikan ($P > 0.05$) antara kumbang jantan dan betina pada kepekatan estragol 150 ppm, 70 ppm, 50 ppm, 30 ppm, 10 ppm, 5 ppm serta 1 ppm. Namun pada kepekatan estragol 200 ppm, min peratusan bilangan kumbang betina didapati lebih tinggi dan berbeza secara signifikan ($P < 0.05$) berbanding kumbang jantan. Tiada sebarang peratusan bilangan kumbang yang dicatatkan pada kawalan dalam hasil interaksi antara jantina kumbang dengan kepekatan sebatian estragol yang berbeza.

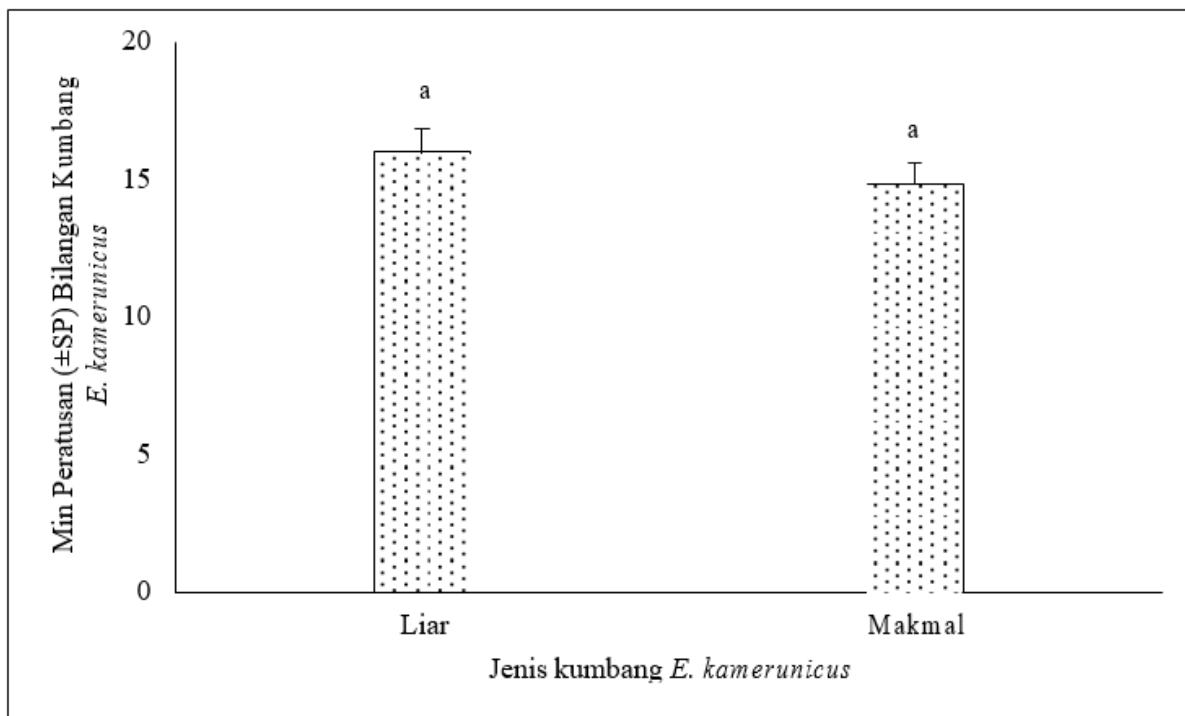
Walaupun hasil kajian menunjukkan faktor jenis tidak berbeza secara signifikan ($P > 0.05$), namun kumbang *E. kamerunicus* jenis liar mencatatkan bilangan min peratusan yang lebih sedikit iaitu $16.0 \pm 0.8\%$ berbanding bilangan min peratusan kumbang *E. kamerunicus* jenis pembiakan makmal iaitu $(14.8 \pm 0.7)\%$ (Rajah 5). Begitu juga bagi faktor jantina kumbang *E. kamerunicus* yang mana hasil kajian tidak menunjukkan perbezaan yang signifikan ($P > 0.05$). Namun min peratusan bilangan kumbang *E. kamerunicus* jantan didapati lebih sedikit iaitu $15.9 \pm 0.8\%$ berbanding min peratusan bilangan kumbang *E. kamerunicus* betina iaitu $14.7 \pm 0.7\%$ (Rajah 6).



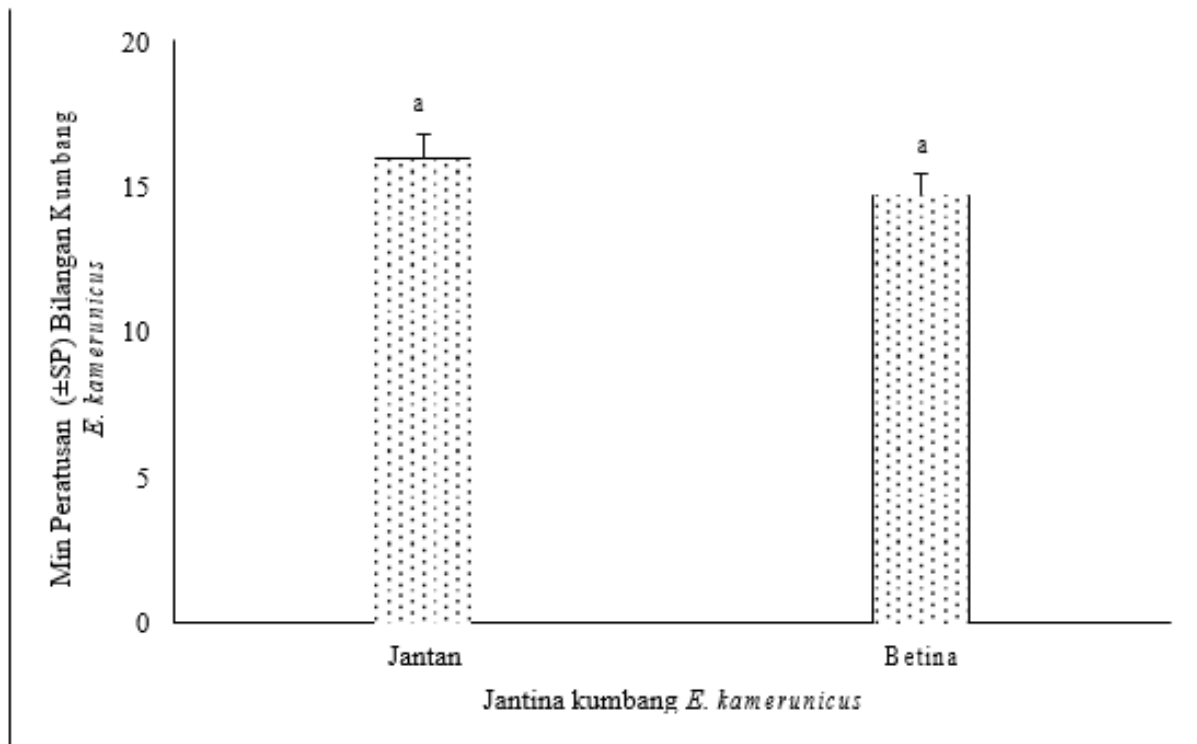
Rajah 3. Min peratusan *E. kamerunicus* antara kepekatan sebatian estragol berbeza; *Min peratusan yang berkongsi abjad yang sama tidak berbeza secara signifikan



Rajah 4. Min peratusan *E. kamerunicus* hasil interaksi antara jantina *E. kamerunicus* dengan kepekatan sebatian estragol berbeza; *Min peratusan yang berkongsi abjad yang sama tidak berbeza secara signifikan



Rajah 5. Min peratusan antara jenis kumbang *E. kamerunicus*; *Min peratusan yang berkongsi abjad yang sama tidak berbeza secara signifikan



Rajah 6. Min peratusan antara jantina *E. kamerunicus*; *Min peratusan yang berkongsi abjad yang sama tidak berbeza secara signifikan

PERBINCANGAN

Secara keseluruhannya, kumbang pendebunga *E. kamerunicus* amat tertarik terhadap sebatian estragol walaupun pada kepekatan estragol yang rendah. Ini berdasarkan min peratusan kumbang *E. kamerunicus* pada semua siri kepekatan estragol yang digunakan. Keputusan yang diperolehi ini menyokong kajian lepas yang menunjukkan bahawa sebatian estragol adalah salah satu faktor utama tarikan kumbang *E. kamerunicus* terhadap bunga sawit (Anggraeni et al. 2013; Hazimah 1990; Hussein et al. 1991). Ini disebabkan sebatian ini mempunyai aroma yang wangi dan kuat yang disukai kumbang *E. kamerunicus* (Tandon et al. 2001). Menurut Vincenzi et al. (2000), aroma ini terhasil daripada cincin benzena yang terdapat pada struktur estragol yang mana cincin ini banyak ditemui pada kumpulan tumbuhan aromatik seperti *Artemisia dracunculus*, *Ocimum basilicum*, *Agastache rugosa* dan lain-lain lagi. Hasil kajian juga menunjukkan sebatian estragol berperanan penting dalam aktiviti pendebungaan bunga sawit. Kima volatile estragol bertindak sebagai penarik kumbang ini ke bunga sawit jantan terutamanya bagi tujuan pembiakan (bertelur di bunga sawit jantan di mana polen melekat dibadannya yang kemudiannya ia terbang ke bunga betina membawa poleh ke bunga betina bagi proses pendebungaan). Hal yang sama turut didapati pada bunga betina sawit yang mana bunga betina akan membebaskan sebatian estragol ketika peringkat antesis bagi menarik kumbang *E. kamerunicus* sekaligus membolehkan proses pendebungaan berlaku (Sambathkumar & Ranjith 2011).

Kadar pembebasan sebatian kimia organik meruap yang dihasilkan tumbuhan amat dipengaruhi oleh faktor abiotik dan biotik (Holopainen & Gershenson 2010). Keadaan ini dilihat mampu memberi kesan ke atas kelakuan serangga terutamanya serangga yang menggunakan deria bau bagi mengesan makanan dan pasangan. Oleh itu, kajian dijalankan dengan mendedahkan kumbang *E. kamerunicus* kepada kepekatan sebatian estragol yang

berbeza. Hasil kajian mendapati bilangan kumbang *E. kamerunicus* menunjukkan perbezaan yang signifikan ($P < 0.05$) antara kepekatan estragol yang mana min peratusan kumbang tertinggi dicatatkan pada kepekatan 100 ppm. Namun min peratusan kumbang menunjukkan penurunan apabila kepekatan sebatian estragol bertambah atau berkurang. Hasil ini memperlihatkan bahawa kumbang *E. kamerunicus* tidak tertarik dengan sebatian estragol yang mempunyai kepekatan yang tinggi. Ini mungkin disebabkan fungsi deria bau kumbang boleh terganggu akibat kepekatan sebatian yang tinggi. Menurut Wood (1982), keadaan ini dipanggil 'multiple function' atau fungsi berganda di mana fungsi deria serangga terjejas dan mengalami gangguan. Ini berdasarkan kajian beliau yang mendapati kumbang kulit kayu tidak tertarik terhadap sebatian meruap terpena (Verbenone) pada kepekatan sebatian yang tinggi. Selain itu, penghasilan kepekatan sebatian organik meruap yang tinggi selalunya terjadi pada tumbuhan yang mengalami tekanan akibat pengaruh faktor abiotik dan biotik (Dicke et al. 2009; Holopainen & Gershenzon 2010). Keadaan ini bukan sahaja memberi kesan ke atas fisiologi tumbuhan malah mampu mempengaruhi kelakuan serangga di mana terdapat kajian yang menunjukkan serangga jenis kumbang coleopteran bertindak mengelak daripada tumbuhan yang membebaskan sebatian meruap pada kepekatan yang tinggi (Jermy et al. 1998; Ikonen 2002; Heil 2004). Hal ini mungkin mempunyai hubungkait dengan kualiti dan tahap kesihatan pokok yang terjejas akibat tekanan yang dialami. Ini memungkinan serangga tidak berminat untuk menghampiri atau mendatangi tumbuhan yang kurang sihat disebabkan deria serangga didapati berupaya untuk mengenalpasti keadaan dan kualiti tumbuhan berdasarkan sebatian organik meruap yang dibebaskan (Chittka & Raine 2006; Schiestl 2015). Namun kajian lanjut perlu dijalankan terutamanya di lapangan bagi melihat lebih lanjut kesan hubungan sebatian organik meruap yang dihasilkan tumbuhan terhadap serangga.

Dalam pada itu, hasil kajian mendapati faktor jenis kumbang *E. kamerunicus* sama ada jenis liar atau pembiakan makmal tidak mempengaruhi tahap kecenderungan kumbang terhadap sebatian estragol. Ini dapat dilihat apabila min peratusan kumbang *E. kamerunicus* tidak menunjukkan perbezaan yang signifikan ($P > 0.05$) antara kumbang jenis liar dan pembiakan makmal. Ini mungkin disebabkan kumbang *E. kamerunicus* jenis pembiakan makmal yang digunakan dalam kajian ini adalah daripada generasi pertama anak yang terhasil melalui kacukan induknya iaitu kumbang *E. kamerunicus* liar. Oleh itu, kumbang *E. kamerunicus* jenis pembiakan makmal ini tidak mempunyai perbezaan yang ketara dari segi ciri genetik atau fisiologi berbanding dengan kumbang *E. kamerunicus* jenis liar. Menurut Richgels dan Rollmann (2012), perbezaan ciri genetik serta fisiologi pada serangga mampu mempengaruhi keupayaan serangga dalam mencari dan mengesan sebatian kimia organik meruap yang dihasilkan tumbuhan. Hasil kajian juga menunjukkan walaupun jenis kumbang tidak berbeza secara signifikan namun min peratusan bilangan yang dicatatkan kumbang *E. kamerunicus* jenis liar adalah sedikit tinggi berbanding kumbang *E. kamerunicus* jenis pembiakan makmal. Keadaan ini mungkin ada kaitan dengan tahap kecergasan dan kesihatan antara kedua-dua jenis kumbang. Ini kerana kumbang jenis liar selalunya adalah lebih aktif dan cergas disebabkan hidupnya yang lebih terdedah kepada perubahan suhu serta keadaan persekitaran berbanding kumbang jenis pembiakan makmal yang mana aktivitinya terbatas dalam ruang bekas pemeliharaannya. Selain itu, persekitaran kumbang jenis liar yang dikelilingi tanaman sawit membolehkan kumbang terbiasa dan terdedah dengan aroma estragol yang banyak dihasilkan oleh bunga sawit. Ini membantu kumbang *E. kamerunicus* jenis liar menunjukkan respon yang lebih tinggi terhadap sebatian estragol berbanding kumbang *E. kamerunicus* jenis pembiakan makmal. Menurut Landolt dan Molina (1996) serta Wang et al. (2008), serangga yang sudah terbiasa dengan aroma daripada suatu jenis sebatian kimia organik meruap yang dibebaskan tumbuhan dalam habitat persekitarannya mampu meningkatkan keupayaan serangga tersebut untuk mengesan serta bertindakbalas terhadap

sebatian meruap itu dengan lebih mudah dan cepat.

Sementara itu, hasil kajian mendapati faktor jantina kumbang juga tidak mempengaruhi kecenderungan kumbang *E. kamerunicus* terhadap estragol yang berbeza kepekatan yang mana min peratusan *E. kamerunicus* yang dicatatkan kumbang jantan tidak berbeza secara signifikan ($P>0.05$) berbanding kumbang betina. Ini menunjukkan kedua-dua jantina kumbang *E. kamerunicus* mampu mengesan dan memberi respon terhadap sebatian estragol dengan baik. Ciri ini menjadikan *E. kamerunicus* sebagai serangga pendebunga yang terbaik bagi tanaman kelapa sawit. Ini kerana sebatian estragol merupakan sebatian kimia organik meruap utama yang dihasilkan dan dibebaskan bunga sawit (Muhamad Fahmi et al. 2016). Menurut Farré-Armengol et al. (2015), keupayaan serangga pendebunga mengesan sebatian organik meruap yang dihasilkan tumbuhan berbunga dengan baik akan membantu serangga menentukan lokasi bunga dengan lebih tepat dan cepat sekaligus meningkatkan proses pendebungaan berlaku.

KESIMPULAN

Kajian ini merupakan antara kajian olfaktometer terawal yang mengkaji kelakuan kumbang pendebunga *E. kamerunicus* terhadap sebatian estragol. Kajian olfaktometer ini amat penting yang mana hasil yang diperolehi boleh dijadikan maklumat yang berguna serta informasi awal bagi memahami faktor yang mempengaruhi tahap kelakuan dan kecenderungan kumbang *E. kamerunicus* terhadap sebatian estragol. Hasil kajian menunjukkan kumbang *E. kamerunicus* merupakan serangga pendebunga yang baik yang mana mampu mengesan aroma sebatian estragol walaupun pada kepekatan yang sedikit. Namun begitu, kumbang *E. kamerunicus* didapati cenderung pada kepekatan estragol 100 ppm berbanding kepekatan yang lain. Ini menunjukkan bunga sawit yang menghasilkan kepekatan estragol sekitar 100 ppm mampu menarik kehadiran kumbang *E. kamerunicus* yang lebih tinggi. Hasil kajian juga mendapati faktor jenis serta jantina kumbang *E. kamerunicus* tidak mempengaruhi tahap kecenderungan kumbang terhadap sebatian estragol. Ini menunjukkan kumbang *E. kamerunicus* yang dibiakkan di makmal berpotensi untuk dilepaskan ke kawasan ladang sawit yang bermasalah bagi membantu mengatasi masalah pendebungaan. Walau bagaimanapun, kajian lanjut perlu dijalankan ke atas kelakuan kumbang *E. kamerunicus* terhadap sebatian estragol dengan mengambil kira beberapa faktor abiotik dan biotik yang lain. Ini kerana faktor seperti umur serangga, kepadatan populasi, suhu, serta racun perosak diketahui mampu mempengaruhi dan memberi kesan ke atas biologi dan fisiologi serangga dalam mengesan sebatian kimia organik meruap yang dibebaskan tumbuhan.

PENGHARGAAN

Terima kasih diucapkan kepada En. Razali Mirad dan En. Wan Khairul Wan Ali daripada Pusat Penyelidikan MARDI, Serdang dan staf Pusat Sistemik Serangga, UKM serta kesemua rakan-rakan yang terlibat dalam membantu dalam menjalankan kajian ini.

PENGISYTIHARAN PENGARANG

Pernyataan Biaya

Tiada.

Percanggahan Kepentingan

Penulis mengakui tiada percanggahan kepentingan dalam kajian yang dijalankan.

Penyataan Etika

Tiada isu etika yang terkait dengan kajian ini.

Pernyataan Kehadiran Data Tambahan

Tidak berkaitan.

Sumbangan Pengarang

Muhamad-Fahmi Muhammad Halil (M-FMH) menjalankan pensampelan, pemprosesan spesimen serta analisis; Dzulhelmi Muhammad Nasir (DMN), Johari Jalinas (JJ), Wan-Aida Wan Mustapha (W-AWM), Mohd-Shahrul Mohd Nadzir (M-SMN) dan Idris Abdul Ghani (IAG) bertanggungjawab ke atas reka bentuk penyelidikan serta tafsiran data dan penyeliaan. Semua pengarang telah membaca dan memperakukan suntingan akhir manuskrip.

RUJUKAN

- Adaigbe, V.C., Odebiyi, J.A., Omoloye, A.A., Aisagbonhi, C.I. & Iyare, O. 2011. Host location and ovipositional preference of *Elaeidobius kamerunicus* on four host palm species. *Journal of Horticulture and Forestry* 3(5): 163-166.
- Anggraeni, T., Rahayu, S., Ahmad, T., Esyanti, R.R. & Putra, R.E. 2013. Resources partitioning and different foraging behavior is the basis for the coexistence of *Thrips hawaiiensis* (Thysanoptera: Thripidae) and *Elaeidobius kamerunicus* (Coleoptera: Curculionidae) on oil palm (*Elaeis guineensis*) flower. *Journal of Entomology and Nematology* 5: 59-63.
- Appiah, S.O. & Agyei-Dwarko, D. 2013. Studies on entomophil pollination towards sustainable production and increased profitability in the oil palm: A review. *Elixir Agriculture* 55: 12878-12883.
- Caudwell, R.W., Hunt, D., Reid, A., Mensah, B.A. & Chinchilla, C. 2003. Insect pollination of oil palm—a comparison of the long term viability and sustainability of *Elaeidobius kamerunicus* in Papua New Guinea, Indonesia, Costa Rica and Ghana. *ASD Oil Palm Papers* 25: 1-6.
- Chittka, L. & Raine, N.E. 2006. Recognition of flowers by pollinators. *Current Opinion in Plant Biology* 9: 428-435.
- Corley, R.H.V. & Tinker, P.B. 2003. *The Oil Palm*. Edisi ke-4. Oxford: Blackwell Science.
- Dicke, M., Van Loon J.J.A. & Soler, R. 2009. Chemical complexity of volatiles from plants induced by multiple attack. *Nature Chemical Biology* 5: 317-324.
- Farré-Armengol, G., Filella, I., Llusia, J. & Penuelas, J. 2015. Relationships among floral VOC emissions, floral rewards and visits of pollinators in five plant species of a Mediterranean shrub land. *Plant Ecology and Evolution* 148(1): 90–99.
- Hazimah, A.H. 1990. The synthesis and biological activity of some estragole analogues towards oil palm pollinating weevils, *Elaeidobius kamerunicus* Faust. Tesis Sarjana. Universiti Putra Malaysia.
- Heil, M. 2004. Direct defence or ecological costs: responses of herbivore beetles to volatiles released by wild Lima bean, *Phaseolus lunatus*. *Journal of Chemical Ecology* 30: 1289-1295.
- Hiroshi, A. & Masumi, K. 2006. Estragole (4-allylanisole) is the primary compound in volatiles emitted from the male and female cones of *Cycas revolute*. *Journal of Plant Research* 119: 671-676.
- Holopainen, J. & Gershenzon, J. 2010. Multiple stress factors and the emission of plant VOCs. *Trends in Plant Science* 15: 176-84.
- Hussein, M.Y., Lajis, N.H. & Ali, J.H. 1991. Biological and chemical factors associated with the successful introduction of *Elaeidobius kamerunicus* Faust, the oil palm pollinator

- in Malaysia. *Acta Horticulture* 288: 81-87.
- Ikonen, A. 2002. Preferences of six leaf beetle species among qualitatively different leaf age classes of three *Salicaceous* host species. *Chemoecology* 12: 23-28.
- Jermey, T., Szentesi, A. & Hovarth, J. 1998. Host plant finding in phytophagous insects-the case of the Colorado potato beetle. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 49: 83-98.
- Landolt, P. & Molina, O. 1996. Host-finding by cabbage looper moths (Lepidoptera: Noctuidae): Learning of host odor upon contact with host foliage. *Journal of Insect Behavior* 9: 899-908.
- Leslie, H. & Richard, J.P. 2004. Field capture of northern and western corn rootworm beetles relative to attractant structure and volatility. *Journal of Chemical Ecology* 30: 1809-1825.
- Muhamad Fahmi, M.H., Ahmad Bukhary, A.K., Norma, H., & Idris, A.B. 2016. Analysis of volatile organic compound from *Elaeis guineensis* inflorescences planted on different soil types in Malaysia. *Proceedings of the Universiti Kebangsaan Malaysia, Faculty of Science and Technology 2016 Postgraduate Colloquium*, hlm. 1-4.
- Ponnamma, K. 1999. Diurnal variation in the population of *Elaeidobius kamerunicus* on the anthesising male inflorescences of oil palm. *The Planter* 881: 405-410.
- Raffo, A., Nicoli, S. & Leclercq, C. 2010. Quantification of estragole in fennel herbal teas: implications on the assessment of dietary exposure to estragole. *Food and Chemical Toxicology* 49: 370-375.
- Richgels, P.K. & Rollmann, S.M. 2012. Genetic variation in odorant receptors contributes to variation in olfactory behavior in a natural population of *Drosophila melanogaster*. *Chemical Senses* 37: 229-240.
- Sambathkumar, S. & Ranjith, A.M. 2011. Insect pollinators of oil palm in Kerala with special reference to African weevil, *Elaeidobius kamerunicus* Faust. *Pest Management in Horticultural Ecosystems* 17(1): 14-18.
- Schiestl, F.P. 2015. Ecology and evolution of floral volatile-mediated information transfer in plants. *New Phytologist* 206(2): 571-577.
- Setyamidjaja, D. 2006. *Kelapa Sawit Teknik Budidaya, Panen dan Pengolahan*. Yogyakarta: Kanisius media.
- Silva-Filho, Bailez, O. & Viana-Bailez, A.M. 2012. Olfactory responses of *Conotrachelus psidii* (Coleoptera:Curculionidae) to host and odors. *Revista Colombiana de Entomologia* 38 (2): 196-199.
- Tandon, R., Manohara, T.N., Nijalingappa, B.H.M. & Shivanna, K.R. 2001. Pollination and pollen-pistil interaction in oil palm, *Elaeis guineensis*. *Annals of Botany* 87: 831-838.
- Tuo, Y., Koua, H.K. & Hala, N. 2011. Biology of *Elaeidobius kamerunicus* and *Elaeidobius*

plagiatus (Coleoptera: Curculionidae) main pollinators of oil palm in West Africa. *European Journal of Science Research* 49(3): 426-432.

Vincenzi, D.M., Silano, M., Maialetti, F. & Scazzocchio, B. 2000. Constituents of aromatic plants: II. Estragole. *Fitoterapia* 71: 725-729.

Wang, H., Guo, W.F., Zhang, P.J., Wu, Z.Y. & Liu, S.S. 2008. Experience-induced habituation and preference towards non-host plant odors in ovipositing females of a moth. *Journal of Chemical Ecology* 34: 330-338.

Wood, D.L. 1982. The role of pheromones, kairomones and allomones in the host selection and colonization behavior of bark beetles. *Annual Review of Entomology* 27: 411-416.

Yamani, H., Mantri, N., Morrison, P.D. & Edwin, P. 2014. Analysis of the volatile organic compounds from leaves, flower spikes and nectar of Australian grown, *Agastache rugosa*. *BMC Complementary and Alternative Medicine* 14: 1-6.

Zahari, S.N.M., Rusli, R., Haris-Hussain, M. & Jalinas, J. 2019. Survival rate and development of larvae *Elaeidobius kamerunicus* (Coleoptera: Curculionidae) on artificial diets. *Serangga* 24(1): 126-141.