

**KOMPOSISI DAN KELIMPAHAN SPESIES LALAT BUAH
(DIPTERA: TEPHRITIDAE) DI KAMPUNG SUNGAI BUAH,
SELANGOR, MALAYSIA**

[SPECIES COMPOSITION AND ABUNDANCE OF FRUIT FLIES (DIPTERA:
TEPHRITIDAE) IN KAMPUNG SUNGAI BUAH, SELANGOR, MALAYSIA]

Suk-Ling Wee^{1,2*} & Nur Atiqah Jalaludin¹

¹Jabatan Sains Biologi dan Bioteknologi,
Fakulti Sains dan Teknologi,
Universiti Kebangsaan Malaysia,
43600 Bangi, Selangor, Malaysia.

²Pusat Sistemik Serangga,
Fakulti Sains dan Teknologi,
Universiti Kebangsaan Malaysia,
43600 Bangi, Selangor, Malaysia.

*Email Pengarang: shwee@ukm.edu.my

Hantar: 6 November 2025; Terima: 24 November 2025; Terbitan: 15 Disember 2025

ABSTRAK

Lalat buah (Diptera: Tephritidae) merupakan serangga perosak yang berkepentingan ekonomi dalam industri buah-buahan dan sayur-sayuran terutamanya di kawasan tropika dan subtropika. Kajian ini dijalankan untuk menentukan kepelbagaian dan kelimpahan relatif spesies lalat buah di ekosistem kampung. Pensampelan dilakukan dengan menggunakan perangkap berumpan bahan penarik jantan, iaitu metil eugenol (ME) dan *cue lure* (CL) di Kampung Sungai Buah, Dengkil, Selangor setiap dua minggu sebanyak 12 pensampelan dalam enam bulan. Sejumlah 3,970 individu lalat buah jantan dari sembilan spesies telah diperolehi. Perangkap berumpan ME berjaya memerangkap 3,779 individu (95.2%) yang terdiri daripada empat spesies lalat buah, *Bactrocera dorsalis*, *B. carambolae*, *B. occipitalis* and *B. umbrosa*. Lalat buah dengan ciri-ciri morfologi perantara antara *B. carambolae* and *B. dorsalis* juga diperangkap. Perangkap berumpan CL memerangkap sebanyak 191 individu (4.8%) dengan lima spesies daripada dua genus, iaitu *Bactrocera hochii* and *B. melastomatos*, *Zeugodacus caudatus*, *Z. cucurbitae* dan *Z. tau*. Kelimpahan spesies lalat buah yang paling tinggi adalah *B. dorsalis* (33.1%), diikuti *B. umbrosa* (17.0%), *B. carambolae* (14.5%) dan *B. occipitalis* (12.2%). Spesies tertarik dengan CL yang paling melimpah adalah *Z. tau* (2.9%) manakala semua spesies lain adalah <1%. Indeks Kepelbagaian Shannon-Wiener 1.451 dan Kekayaan Spesies Margalef 0.9654 menunjukkan kepelbagaian dan kekayaan spesies yang rendah dengan lengkok akumulasi spesies mencapai asimptot. Indeks Kedominan 0.2878 yang agak rendah, bersama-sama dengan Indeks Kesamaratan 0.4744 yang sederhana menunjukkan spesies bertabur dengan agak sekata dan tiada spesies yang mendominasi populasi di habitat ini. Lebih 85% daripada jumlah disampel adalah spesies berkepentingan ekonomi dan ini secara langsung menunjukkan ekosistem kampung terus menjadi kawasan takungan perosak lalat buah yang

‘selamat’ dan berkekalan selagi tiada usaha sama dan perancangan kawalan dan pengurusan perosak lalat buah yang rapi oleh penduduk kampung.

Kata kunci: Bahan penarik jantan; *cue lure*; metil eugenol; Tephritidae; kepelbagaian spesies

ABSTRACT

Fruit flies (Diptera: Tephritidae) are pests of economic importance in the fruit and vegetable industry, especially in tropical and subtropical regions. This study was conducted to determine the diversity and relative abundance of fruit fly species in the village ecosystem. Sampling was conducted using traps baited with male attractants, namely methyl eugenol (ME) and cue lure (CL) in Kampung Sungai Buah, Dengkil, Selangor every fortnightly for 12-sampling in six months. A total of 3,970 male fruit flies from nine species were trapped. ME bait traps successfully captured 3,779 individuals (95.2%) of four fruit fly species, *Bactrocera dorsalis*, *B. carambolae*, *B. occipitalis* and *B. umbrosa*. Fruit flies with intermediate morphological characteristics between *B. carambolae* and *B. dorsalis* were also captured. Cue lure traps captured 191 individuals (4.8%) of five species from two genera, namely *Bactrocera hochii* and *B. melastomatos*, *Zeugodacus caudatus*, *Z. cucurbitae* and *Z. tau*. The highest abundance of fruit fly species was *B. dorsalis* (33.1%), followed by *B. umbrosa* (17.0%), *B. carambolae* (14.5%) and *B. occipitalis* (12.2%). The most abundant species attracted by CL was *Z. tau* (2.9%) while all other species were <1%. The Shannon-Wiener Diversity Index of 1.451 and Margalef Species Richness of 0.9654 indicate low species diversity and richness with the species accumulation curve reaching an asymptote. The relatively low Dominance Index of 0.2878, together with the moderate Evenness Index of 0.4744, indicate that species are fairly evenly distributed and no species dominates the population in this habitat. More than 85% of the total captures are fruit fly species of economic importance and indirectly pointed that the village ecosystem continues to be a ‘safe haven’ for pesty fruit flies as long as there is no joint effort and plans for fruit fly control and management by the villagers.

Keywords: Male attractant; cue lure; methyl eugenol; Tephritidae; species diversity

PENGENALAN

Kumpulan lalat buah daripada famili Tephritidae merupakan salah satu perosak pertanian berkepentingan ekonomi yang berpotensi menjejaskan industri buah-buahan dan sayur-sayuran di seluruh dunia, termasuk Malaysia (Christenson & Foote 1960; Clarke et al. 2001; Collins & Collins 1998; Ismail et al. 1995; White & Elson-Harris 1992). Faktor iklim di Malaysia menyediakan keadaan persekitaran dan pelbagai perumah yang menggalakkan pembiakan dan kemandirian lalat buah (Allwood et al. 1999; Clarke et al. 2001; Vijayasegaran & Osman 1991). Lalat buah betina biasanya bertelur ke dalam buah menerusi kulit dan larva yang menetas akan terus memakan isi buah sehingga buah tersebut rosak dan tidak dapat dipasarkan (Christenson & Foote 1960; Vijayasegaran 1996). Sesetengah spesies lalat buah Tephritidae juga tersenarai sebagai spesies serangga perosak pertanian yang invasif, seperti *Bactrocera dorsalis* (Hendel), dan mampu memberikan impak yang ketara ke atas industri buah-buahan melalui kerosakan hasil pertanian secara langsung, peningkatan kos pengurusan dan kawalan lalat buah, pemasaran antarabangsa dan kos berkaitan penyelenggaraan kuarantin.

Kira-kira 123 spesies lalat buah boleh ditemui di Malaysia tetapi hanya tujuh daripadanya yang berstatus perosak buah-buahan dan sayur-sayuran kepentingan ekonomi (Allwood et al. 1999; Chua 2010; Drew & Romig 2013; Doorenweerd et al. 2018;

Doorenweerd et al. 2025; Vijayasegaran & Osman 1991; Vijaysegaran 1996) seperti *Bactrocera albistigata* (Meijere), *B. carambolae* Drew & Hancock, *B. dorsalis* (Hendel), *B. latifrons* (Hendel), *B. umbrosa* (Fabricius), *Zeugodacus cucurbitae* (Coquillett) dan *Z. tau* (Walker) (Vijayasegaran & Osman 1991; Vijaysegaran 1996). Sebagai contoh, *B. carambolae* dan *B. dorsalis* mempunyai julat perumah yang luas dan mampu menyerang 15 daripada 17 buah-buahan komersil termasuk mangga (*Mangifera indica* L.) dan jambu batu (*Psidium guajava* L.) (Vijayasegaran & Osman 1991).

Kejayaan program pengurusan dan kawalan serangga lalat buah amat bergantung kepada maklumat asas seperti komposisi dan kelimpahan spesies di sesuatu ekosistem sebelum rancangan pengurusan dan kaedah kawalan boleh disyorkan (Ibrahim et al. 1979; Idrus 2005; Vijayasegaran & Osman 1991). Namun, tidak banyak maklumat kehadiran lalat buah di persekitaran kediaman seperti kawasan kampung direkodkan. Maklumat seumpama ini juga amat penting kerana tanpa disedari, ekosistem kampung mampu menjadi 'kawasan takungan' perosak lalat buah yang berkekalan. Adalah menjadi amalan biasa penduduk kampung menanam pelbagai jenis pokok buah-buahan atau sayur-sayuran di perkarangan rumah atau tanah pusaka, sama ada untuk kegunaan sendiri, perniagaan kecil-kecilan ataupun untuk menyediakan tempat teduhan untuk keluarga. Kajian terdahulu menunjukkan kepadatan populasi lalat buah adalah berkait dengan kepelbagaian pokok buah-buahan yang ditanam dalam sesuatu komuniti (Tan & Lee 1982; Tan & Zairi 1986).

Masyarakat kampung biasanya tidak mengenakan sebarang kaedah kawalan atau pengurusan perosak lalat buah yang terancang selain daripada usaha bersahaja membalut buah dengan suratkhobar atau beg plastik untuk mengelakkan lalat buah betina daripada bertelur di dalam buah yang sedang berkembang. Buah-buahan yang telah diserang lalat buah biasanya dibiarkan begitu sahaja tanpa dikutip atau dibuang. Ini terus menjadikan buah yang rosak sebagai tapak pembiakan lalat buah yang mudah dan secara tidak langsung, menyumbang kepada peningkatan populasi lalat buah setempat secara berterusan. Tambahan pula, lalat buah mempunyai kadar penyebaran yang tinggi dan berpotensi menyebar ke kawasan yang lebih luas dan jauh (Clarke 2019), sehingga mampu menjejaskan ladang buah-buahan atau kebun sayur-sayuran yang berhampiran.

Bahan penarik lalat buah jantan merupakan bahan semiokimia yang sering digunakan dalam pengesanan, pemantauan, pengawalan dan pembasmian populasi lalat buah, termasuk spesies invasif (Tan et al. 2014; Wee & Hee 2018; Wang et al. 2024). Terdapat kira-kira 50% daripada 600 spesies lalat buah Tephritidae yang telah diperihalkan tertarik kepada bahan penarik jantan (IAEA 2003). Metil eugenol (ME) dan cue lure (CL) merupakan dua jenis bahan penarik jantan yang berkesan dalam menarik perhatian spesies lalat buah tertentu, masing-masing dengan daya ketertarikan yang tinggi dalam julat nanogram dan mikrogram (Shamshir & Wee 2024; Wee et al. 2002; Wee & Ooi 2022). Kira-kira 15% daripada spesies lalat buah yang telah diperihalkan ini tertarik kepada ME manakala 35% tertarik kepada CL (IAEA 2003). Secara amnya, ketertarikan spesies lalat buah adalah spesifik, iaitu lalat buah yang tertarik kepada ME tidak akan tertarik kepada CL dan sebaliknya (Tan & Nishida 2014; Tan & Nishida 2024).

Kajian ini bertujuan untuk menentukan komposisi dan kelimpahan relatif spesies lalat buah, dan menentukan indeks kepelbagaian, kesamarataan dan kekayaan spesies lalat buah di Kampung Sungai Buah, Dengkil, Selangor dengan menggunakan perangkap berumpan bahan penarik jantan ME dan CL. Kajian ini berupaya menyediakan maklumat asas yang penting seperti komposisi spesies dan status semasa setiap spesies perosak lalat buah yang terdapat di

persekitaran ekosistem kampung sebagai rujukan untuk tindakan pengurusan perosak lalat buah di masa yang akan datang.

BAHAN DAN KAEDAH

Tapak Kajian

Kajian ini dijalankan di Kampung Sungai Buah, Bukit Unggul, Dengkil, Selangor (2°53'45.3"N 101°43'46.6"E) yang mempunyai keluasan kira-kira 3 km². Perkarangan rumah di Kampung Sungai Buah ditanam dengan pelbagai jenis pokok buah-buahan seperti betik (*Carica papaya* L.), cempedak (*Artocarpus integer* L.), jambu air, jambu batu (*Psidium guajava* L.), mangga (*Mangifera indica* L.), nangka (*Artocarpus heterophyllus* Lam.), pisang (*Musa* spp.), rambutan (*Nephelium lappaceum* L.) dan lain-lain. Sebuah kebun buah-buahan dan sayur-sayuran yang diusahakan secara organik juga didapati di kampung ini.

Reka Bentuk Perangkap

Perangkap yang digunakan dalam kajian ini adalah perangkap lutsinar. Perangkap ini berbentuk silinder (8.5 cm diameter x 15 cm panjang) dengan lubang (2 cm diameter) pada kedua-dua sisi untuk membolehkan kemasukan lalat buah (Wee & Hee 2018). Dua jenis penarik lalat buah jantan telah digunakan iaitu CL dan ME yang masing-masing telah dicampur dengan insektisid malation pada nisbah 4:1 (v/v). Campuran insektisid kepada bahan penarik jantan tidak mempengaruhi keberkesanan bahan penarik jantan (Ibrahim et al. 1979; White & Elson-Harris 1992). Sebanyak 1-ml campuran bahan penarik jantan-insektisid dititiskan pada gulungan kapas yang ditempatkan tengah-tengah perangkap. Perangkap ini kemudian digantung dengan tali raffia pada dahan pokok dengan ketinggian 1.5 m dari aras tanah di tempat yang mempunyai pencahayaan sederhana dan peredaran udara yang baik.

Pensampelan dan Pengecaman Lalat Buah

Sepuluh perangkap ME dan 10 perangkap CL dipasang secara berselang dalam satu garisan transek dengan jarak minimum 10 m antara perangkap di sepanjang Jalan Hulu Dengkil dan Jalan Masjid. Lalat buah jantan liar yang tertarik kepada bahan penarik jantan akan masuk perangkap, memakan pada campuran bahan penarik jantan-insektisid dan mati di dalam perangkap. Sebanyak 12 pensampelan telah dilakukan dengan perangkap dipasangkan selama 48 jam setiap dua minggu dalam tempoh enam bulan (28 September 2010 sehingga 1 Mac 2011).

Lalat buah yang terperangkap dibawa kembali ke makmal untuk pengiraan dan pelabelan maklumat mengikut tarikh, perangkap dan jenis bahan penarik jantan. Sampel lalat buah dipinkan dan dikeringkan dalam ketuhar pada 40°C selama seminggu. Lalat buah diasingkan berdasarkan pengamatan ciri-ciri morfologi luaran di bawah mikroskop stereo (Leica EZ4) sebelum dikenalpasti mengikut kekunci yang telah diterbitkan (Drew & Hancock 1994; Drew & Romig 2013; Drew & Romig 2016; White & Elson-Harris 1992).

Analisis Data

Komposisi dan Kelimpahan Spesies Lalat Buah

Data daripada 12 pensampelan lalat buah ditransformasi dengan log (x+1) untuk mengurangkan ketidakhomogenan varians. Data yang telah ditransformasi kemudian diuji terlebih dahulu dengan Ujian Kenormalan Shapiro-Wilk dan Ujian Kehomogenan Varians ($P=0.05$) sebelum diuji dengan ujian-*t* untuk membandingkan min kelimpahan lalat buah di antara dua jenis bahan penarik jantan pada $P=0.05$. Untuk perbandingan min kelimpahan antara spesies yang tertarik kepada ME (atau CL), oleh kerana data didapati tidak bertabur

secara nomal, maka ujian Kruskal-Wallis Rank Sum digunakan, diikuti dengan ujian Tukey pada $P=0.05$. Analisis statistik dilakukan dengan menggunakan perisian Sigma Plot 12.0.

Kepelbagaian, Kesamarataan dan Kekayaan Spesies Lalat Buah

Indeks Kepelbagaian Shannon's Weiner (H') dan Indeks Kekayaan Spesies Margalef (R') digunakan untuk menilai tahap kepelbagaian dan kekayaan spesies lalat buah di Kampung Sungai Buah. Selain itu, Indeks Kedominan (D) dan Indeks Kesamarataan Shannon-Weiner (E') juga dihitung untuk mengetahui kedominan dan kesamarataan spesies yang hadir di habitat ini. Lengkuk akumulasi spesies lalat buah Tephritidae di Kampung Sungai Buah turut diplotkan. Data analisis dilakukan dengan menggunakan perisian PAST 2.0 dan EstimateS 9.1.

HASIL

Komposisi dan Kelimpahan Spesies Lalat Buah

Sebanyak 3,970 individu yang merangkumi sembilan spesies lalat buah Tephritidae telah disampel dengan menggunakan perangkap berumpan ME dan CL dalam tempoh enam bulan. Perangkap berumpan ME mencatatkan jumlah pemerangkapan lalat buah jantan tertinggi, iaitu sebanyak 3,779 (95.2%) daripada jumlah keseluruhan lalat buah yang diperangkap. Sebanyak empat spesies lalat buah didapati tertarik dengan umpan ME, iaitu *B. carambolae*, *B. dorsalis*, *B. occipitalis* dan *B. umbrosa* (Jadual 1). Hanya 191 individu (4.8%) lalat buah jantan daripada lima spesies telah disampelkan dengan perangkap berumpan CL, iaitu *B. hochii*, *B. melostomatos*, *Zeugodacus caudatus*, *Z. cucurbitae* dan *Z. tau* (Jadual 1). Sebanyak 86.4% daripada jumlah yang disampel merupakan spesies yang berkepentingan ekonomi, iaitu *B. carambolae*, *B. dorsalis*, *B. umbrosa*, *Z. cucurbitae* dan *Z. tau*.

Jadual 1. Spesies lalat buah yang disampel dengan perangkap metil eugenol dan *cue lure* dari 28 September 2010 hingga 1 Mac 2011 di Kampung Sungai Buah, Dengkil, Selangor

Spesies	Bilangan (%)	
	Cue lure	Metil eugenol
<i>Bactrocera carambolae</i>	-	575 (14.5)
<i>Bactrocera dorsalis</i>	-	1315 (33.1%)
<i>Bactrocera hochii</i>	3 (0.1)	-
<i>Bactrocera melastomatos</i>	26 (0.7)	-
<i>Bactrocera occipitalis</i>	-	484 (12.2)
<i>Bactrocera umbrosa</i>	-	673 (17.0)
<i>Zeugodacus caudatus</i>	27 (0.7)	-
<i>Zeugodacus cucurbitae</i>	19 (0.5)	-
<i>Zeugodacus tau</i>	116 (2.9)	-
<i>Bactrocera</i> morfologi hibrid*	-	732 (18.4)
Jumlah	191 (4.8)	3779 (95.2)

*Spesies *Bactrocera* dengan ciri morfologi perantaraan antara *B. carambolae* dan *B. dorsalis*.

Lalat buah *Bactrocera* spp. dengan ciri morfologi perantaraan antara spesies *B. carambolae* dan *B. dorsalis* (dirujuk sebagai '*Bactrocera* morfologi hibrid' selepas ini) turut ditemui di Kampung Sungai Buah (Jadual 2). *Bactrocera* morfologi hibrid mencatatkan peratusan yang kedua tinggi, iaitu 18.4% daripada jumlah keseluruhan pensampelan. Secara amnya, tiga ciri morfologi luaran utama yang terlibat dalam pembezaan spesies *B. carambolae*

dan *B. dorsalis* adalah: kehadiran tompok hitam pada femur kaki hadapan, penebalan jalur kostal pada hujung apeks R_{4+5} dan jalur lateral abdomen berbentuk bar pada terga III-V. Hasil pemerhatian menunjukkan terdapat kombinasi kehadiran dan ketidakhadiran tiga ciri tersebut yang boleh dibahagikan kepada enam kategori seperti di Jadual 2. Hibrid morfologi jenis 1 (morfologi luar seperti tipikal *B. carambolae* kecuali tiada tompok hitam pada femur kaki hadapan) dan jenis 6 (morfologi luar seperti tipikal *B. dorsalis* kecuali jalur kosta pada sayap menunjukkan penebalan yang ketara pada hujung apeks R_{4+5}) dan diikuti oleh jenis 4 (morfologi luar seperti tipikal *B. dorsalis* kecuali jalur lateral menunjukkan corak bar) lebih banyak ditemui daripada jenis morfologi hibrid yang lain (Jadual 2).

Jadual 2. Lalat buah *Bactrocera* spp. dengan ciri morfologi perantaraan antara spesies *B. carambolae* dan *B. dorsalis*. Simbol 'O' dan 'X' masing-masing merujuk kepada kehadiran dan ketidakhadiran ciri tertentu

Kategori	Kehadiran tompok hitam pada femur kaki depan	Jalur kosta sayap menebal pada hujung apeks R_{4+5}	Jalur lateral abdomen berbentuk bar pada terga III-V	Jumlah
<i>B. carambolae</i> tipikal	O	O	O	575
Jenis 1	X	O	O	286
Jenis 2	O	X	O	5
Jenis 3	O	O	X	8
Jenis 4	X	X	O	126
Jenis 5	O	X	X	12
Jenis 6	X	O	X	295
<i>B. dorsalis</i> tipikal	X	X	X	1315
Jumlah				2617

Min kelimpahan lalat buah jantan yang disampel dengan perangkap berumpan ME (314.92 ± 40.43) adalah jauh lebih tinggi secara signifikan berbanding perangkap berumpan CL (15.92 ± 4.8) (Jadual 3) ($t = 10.817$, $df = 22$) ($P < 0.001$).

Terdapat perbezaan min kelimpahan antara spesies lalat buah jantan yang disampel melalui perangkap berumpan ME ($H = 15.781$, $df = 4$) ($P = 0.003$; Ujian Kruskal-Wallis Rank Sum). Antara kesemua spesies yang menunjukkan ketertarikan terhadap ME, *B. dorsalis* mencatatkan min kelimpahan tertinggi (109.58 ± 15.97) diikuti dengan *Bactrocera* dengan morfologi hibrid (61.00 ± 5.96), namun tanpa perbezaan yang bererti (Jadual 3) ($P > 0.05$; Ujian Tukey). Tiga spesies yang lain, iaitu *B. umbrosa* (56.08 ± 9.26), *B. carambolae* (47.923 ± 9.26) dan *B. occipitalis* (40.33 ± 5.61) masing-masing mencatatkan min kelimpahan yang lebih rendah secara signifikan berbanding dengan *B. dorsalis* dan *Bactrocera* dengan morfologi hibrid ($P < 0.05$; Ujian Tukey). Walau bagaimanapun, tiada perbezaan yang bererti antara min kelimpahan ketiga-tiga spesies ini (Jadual 3).

Min kelimpahan bagi lalat buah jantan yang tertarik kepada perangkap berumpan CL menunjukkan perbezaan yang signifikan ($H = 19.363$, $df = 4$; $P < 0.001$) (Ujian Kruskal-Wallis Rank Sum). Secara amnya, ketertarikan lalat buah kepada CL adalah agak rendah, dengan min kelimpahan antara 2 hingga 10 individu bagi hampir kesemua spesies kecuali *B. hochii* ($P < 0.05$; Ujian Tukey) (Jadual 3).

Jadual 3. Min kelimpahan ($\pm$ SE) lalat buah Tephritidae jantan yang disampel menggunakan perangkap berumpan metil eugenol dan cue lure di Kampung Sungai Buah, Dengkil, Selangor selama enam bulan (28 September 2010 to 1 March 2011)

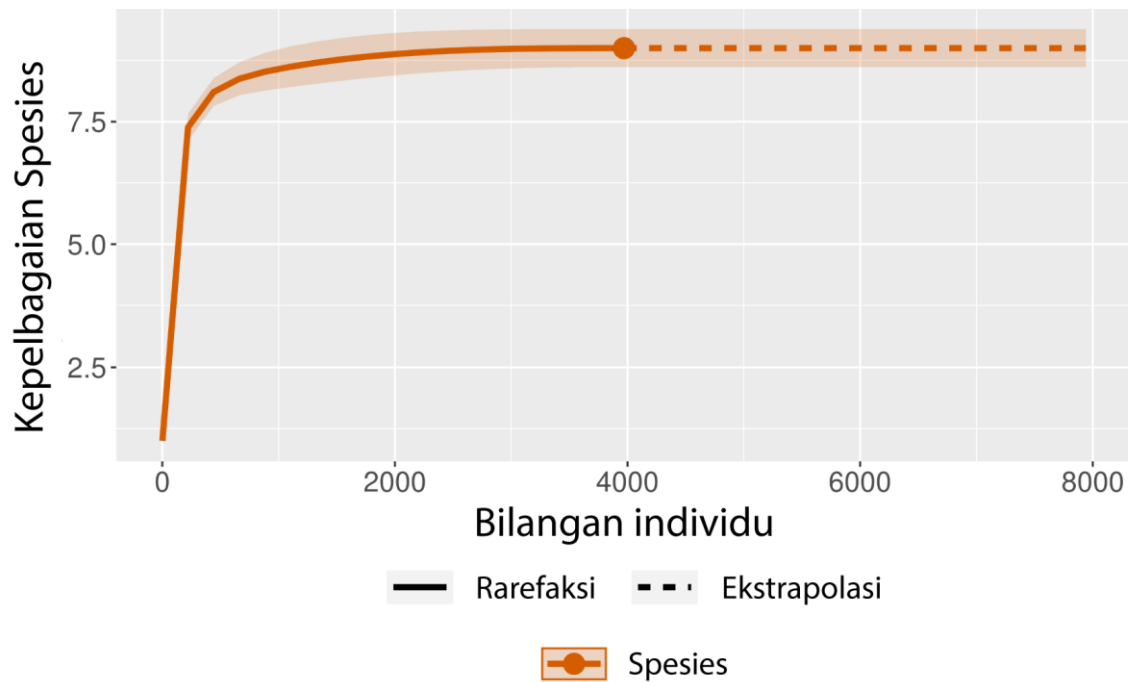
Bahan Penarik	Spesies	Min $\pm$ SE ^{a,b}
Metil eugenol	<i>Bactrocera carambolae</i>	47.92 $\pm$ 6.93b
	<i>Bactrocera dorsalis</i>	109.58 $\pm$ 15.97a
	<i>Bactrocera</i> morfologi hibrid	61.00 $\pm$ 5.96a
	<i>Bactrocera occipitalis</i>	40.33 $\pm$ 5.61b
	<i>Bactrocera umbrosa</i>	56.08 $\pm$ 9.26a
	Jumlah	314.92 $\pm$ 40.43A
Cue lure	<i>Bactrocera hochii</i>	0.25 $\pm$ 0.13b
	<i>Bactrocera melastomatos</i>	2.17 $\pm$ 0.80a
	<i>Zeugodacus caudatus</i>	2.25 $\pm$ 0.69a
	<i>Zeugodacus cucurbitae</i>	1.58 $\pm$ 0.42a
	<i>Zeugodacus tau</i>	9.67 $\pm$ 9.00a
	Jumlah	15.92 $\pm$ 4.80B

^aMin kelimpahan lalat buah ($\pm$ SE) antara perangkap berumpan ME dan CL yang diikuti dengan abjad huruf besar berbeza adalah berbeza secara bererti (Ujian-t, $P<0.001$).

^bMin kelimpahan lalat buah ($\pm$ SE) antara spesies tertarik kepada bahan penarik jantan, sama ada ME atau CL, yang diikuti dengan abjad huruf kecil berbeza adalah berbeza secara bererti (Ujian Kruskal-Wallis, $P<0.005$).

Lengkok Akumulasi Spesies

Lengkok akumulasi spesies lalat buah Tephritidae di ekosistem Kampung Sungai Buah menunjukkan satu trend yang menaik (diwakili garisan padat) dan mencapai asimptot di akhir pensampelan (Rajah 1). Ini menunjukkan usaha pensampelan sebanyak 12 kali sepanjang tempoh enam bulan dengan menggunakan perangkap berumpan bahan penarik jantan ME dan CL berkesan dalam persampelan kesemua spesies lalat buah Tephritidae yang mungkin hadir dalam ekosistem tersebut. Hasil dapatan ini diperkukuhkan lagi dengan hakikat bahwa extrapolasi sampel sehingga 24 pensampelan (diwakili oleh garisan putus di Rajah 1) tidak menambah jumlah taxa yang mungkin ditemui di Kampung Sungai Buah.



Rajah 1. Lengkok akumulasi spesies lalat buah Tephritidae di Kampung Sungai Buah, Dengkil, Selangor. Pensampelan dilakukan dengan menggunakan perangkap berumpan bahan penarik jantan dari 28 September 2010 sehingga 1 Mac 2011. Garisan padat merujuk menunjukkan interpolasi sampel ($n = 12$) manakala garisan putus mewakili ekstrapolasi sampel ($n = 24$)

Indeks Kepelbagaian, Kesamarataan dan Kekayaan Spesies

Nilai Kekayaan Spesies lalat buah di Kampung Sungai Buah adalah 9. Kekayaan spesies melalui anggaran ACE, Chao 1, Chao 2 dan Jack 1 kesemuanya juga memberikan nilai yang sama, iaitu 9. Kajian ini tidak menjumpai sebarang spesies langka, spesies *singleton* (spesies yang diwakili oleh satu individu) atau *doubleton* (spesies yang diwakili oleh dua individu), spesies unik (spesies hadir hanya di satu pensampelan) ataupun spesies duplikat (spesies yang hadir hanya di dua pensampelan).

Indeks Kepelbagaian Shannon-Weiner, H' dan Indeks Kekayaan Spesies Margalef masing-masing didapati bernilai 1.451 dan 0.9654 menunjukkan kepelbagaian dan kekayaan spesies lalat buah Tephritidae yang rendah di Kampung Sungai Buah. Indeks Kedominan, D pada 0.2878 menunjukkan kedominan spesies yang rendah di kampung ini manakala kesamarataan spesies dengan nilai 0.4744 adalah sederhana.

PERBINCANGAN

Hasil dapatan kajian ini menunjukkan hanya sembilan spesies lalat buah Tephritidae yang dapat disampelkan dengan menggunakan perangkap berumpan ME dan CL di Kampung Sungai Buah, Dengkil. Lengkok akumulasi spesies lalat buah yang disampel juga menunjukkan pencapaian asimptot pada sembilan spesies dan extrapolasi sampel juga tidak memberikan spesies tambahan yang mungkin diperolehi jika usaha pensampelan digandakan. Analisis data dengan Perisian EstimateS juga menunjukkan ketiadaan spesies *singleton*, *doubleton*, unik ataupun duplikat yang dapat dikesan. Ini menunjukkan usaha pensampelan lalat buah Tephritidae di Kampung Sungai Buah dengan perangkap berumpan ME dan CL selama enam bulan adalah cukup dan memadai.

Maklumat komposisi spesies lalat buah Tephritidae di kampung ini, jika ditafsirkan bersama-sama dengan nilai indeks kepelbagaian dan kekayaan spesies yang dihitung secara konsistennya menunjukkan kepelbagaian dan kekayaan spesies yang rendah. Nilai kesamarataan spesies yang sederhana rendah juga memberi gambaran taburan spesies lalat buah di habitat ini adalah kurang sekata dan lebih cenderung didominasi oleh beberapa spesies sahaja, terutamanya spesies yang tertarik kepada umpan ME, contohnya *B. dorsalis*. Apabila kesemua hasil pensampelan lalat buah Tephritidae daripada perangkap berumpan ME dan CL ditafsirkan bersama, nilai indeks Kedominan yang rendah diperolehi.

Analisis kepelbagaian dan kekayaan spesies ini berpadanan dengan ekosistem kampung sebagai sebuah habitat yang tertakluk kepada aktiviti antropogenik, iaitu penggunaan tanah untuk perkembangan infrastruktur dan aktiviti pertanian yang memberi kesan ke atas proses ekologi dan kepelbagaian biologi. Penanaman pelbagai jenis tumbuhan dan pokok perumah, fenologi buah perumah dan ketiadaan sebarang kawalan dan pengurusan perosak lalat buah yang sesuai dan terancang turut menyumbang kepada kehadiran spesies (komposisi) dan kelimpahan spesies tersebut masing-masing dalam ekosistem kampung.

Lebih daripada 85% jumlah lalat buah Tephritidae yang diperangkap di Kampung Sungai Buah merupakan spesies berkepentingan ekonomi, iaitu *B. dorsalis*, *B. carambolae*, *B. umbrosa*, *Z. cucurbitae* dan *Z. tau*. Kelimpahan spesies berkait rapat dengan musim buah dan penanaman sayuran serta jenis buah-buahan yang terdapat dalam ekosistem (Mwatawala et al. 2006). Antaranya, buah mangga dan cempedak merupakan dua jenis buah yang bermusim di lokasi persampelan. Walau bagaimanapun, kebanyakan spesies lalat buah yang disampel adalah bersifat polifagus kecuali *B. umbrosa* yang hanya menyerang buah nangka dan cempedak daripada famili Moraceae (Allwood et al. 1999; Clarke et al. 2001; Wee et al. 2018). Ini menunjukkan habitat kampung telah menjadi satu kawasan takungan penting spesies lalat buah berkepentingan ekonomi yang mungkin memberi impak besar terhadap sebarang aktiviti perladangan buah-buahan dan sayur-sayuran di lokasi berhampiran. Hal ini disebabkan oleh kadar penyebaran lalat buah yang tinggi dan mampu terbang sejauh 11-19 km dengan bantuan angin dalam persekitaran monokultur (Froerer et al. 2010; Shelly et al. 2010). Spesies lalat buah seperti *B. dorsalis* dan *B. carambolae* juga mempunyai julat perumah yang luas, masing-masing antara 193 dan 75 serta mempunyai kadar pembiakan yang tinggi (Allwood et al. 1999; Christenson & Foote 1960). Kemampuan seekor lalat buah jantan *B. dorsalis* untuk mengawan secara purata adalah sebanyak 26 kali sepanjang hayatnya juga menyumbang kepada kadar peningkatan populasi jika tiada sebarang kawalan dilakukan (Wee & Tan 2000).

Perangkap berumpan ME mencatatkan keberkesanan pemerangkapan yang amat tinggi dengan min kelimpahan yang lebih tinggi berbanding dengan umpan CL dan trend ini didapati konsisten sepanjang kajian dijalankan. Ini konsisten dengan hasil pensampelan intensif lalat buah Tephritidae di selatan Thailand dan Semenanjung Malaysia yang mendapati jumlah pemerangkapan lalat buah jantan tertarik kepada umpan ME adalah jauh lebih tinggi daripada spesies yang tertarik kepada umpan CL (Clarke et al. 2001; Idrus 2005). Beberapa faktor didapati menyumbang kepada pemerhatian ini. Secara amnya, kesensitifan lalat buah terhadap ME adalah berada pada julat ng – μ g manakala kesensitifan lalat buah terhadap CL adalah pada julat μ g (Hee et al. 2015; Shamshir & Wee 2024; Wee et al. 2002). Sebagai perbandingan, dos efektif ME untuk mencetuskan gerak balas 50% populasi *B. dorsalis* (ED₅₀) yang diuji adalah 171 ng manakala ED₅₀ *Z. cucurbitae* dan *Z. tau* terhadap CL adalah 75-85 μ g (Shamshir & Wee 2024; Wee et al. 2002). Selain itu, spesies yang tertarik kepada ME menunjukkan gerak balas pada umur yang lebih muda berbanding dengan spesies yang tertarik kepada CL, menyebabkan bilangan lalat buah yang lebih tinggi disampel dalam perangkap berumpan ME (Wee & Tan

2000; Wee & Ooi 2022). Secara amnya, ME adalah lebih stabil dan mempunyai jangka hayat lebih lama daripada CL (Park et al. 2016; Wee et al. 2002).

Kelimpahan populasi *B. dorsalis* adalah lebih tinggi daripada *B. carambolae*. Selain daripada hujah bahawa *B. dorsalis* merupakan spesies yang lebih berdaya saing dari segi kadar pengawanan, *B. dorsalis* bergerak balas terhadap ME pada umur lebih awal dan mempunyai tahap kesensitifan terhadap ME sekurang-kurangnya 10 kali lebih tinggi berbanding dengan *B. carambolae* (Wee & Tan 2000; Wee & Tan 2002). Kesemua faktor ini saling bertindak dan berpotensi menyumbang kepada hasil pensampelan kajian ini dan juga kajian ekologi terdahulu (Clarke et al. 2001).

Lalat buah *Bactrocera* dengan ciri perantaraan antara *B. dorsalis* dan *B. carambolae* diperangkap dalam kajian ini seperti yang dilaporkan di kajian terdahulu (Wee & Tan 2005). *Bactrocera* dengan morfologi hibrid dipercayai terhasil daripada kacukan interspesies kerana kedua-dua *B. dorsalis* dan *B. carambolae* yang merupakan spesies adik-beradik dalam kompleks *B. dorsalis* boleh saling membiak dan menghasilkan anak sekurang-kurangnya ke generasi F₃ tanpa mengalami fenomena heterosis di dalam makmal. Pembuktian di lapangan menunjukkan sebahagian daripada individu liar dengan morfologi hibrid ini mempunyai profil feromon seks yang merupakan gabungan antara dua spesies ini (Wee & Tan 2005).

Secara amnya, lalat buah yang disampel melalui perangkap berumpan CL adalah <5% daripada jumlah pensampelan walaupun terdapat sebuah ladang buah-buahan dan sayur-sayuran di kampung ini. Ini menunjukkan penanaman pokok buah-buahan merupakan amalan yang lebih kerap dijalankan oleh penghuni kampung daripada penanaman sayur-sayuran. Selain daripada faktor spesies lalat buah kurang sensitif terhadap CL berbanding dengan ME (Shamshir & Wee 2024; Wee et al. 2002), faktor keberadaan pokok buah-buahan dalam jangka masa lebih panjang berbanding dengan tempoh penanaman sayur-sayuran yang lebih pendek mungkin juga menyumbang kepada hasil keputusan ini.

KESIMPULAN

Kekayaan dan kepelbagaian spesies lalat buah di Kampung Sungai Buah adalah sederhana dengan kehadiran sembilan spesies, iaitu *B. carambolae*, *B. dorsalis*, *B. hochii*, *B. melastomatos*, *B. umbrosa*, *Z. caudatus*, *Z. cucurbitae* dan *Z. tau* dengan lebih daripada 85% merupakan spesies yang berkepentingan ekonomi. Hasil dapatan ini adalah tidak menghairankan memandangkan kebanyakan perkarangan rumah penghuni kampung ditanam dengan pelbagai pokok buah-buahan dan kehadiran sebuah kebun buah-buahan dan sayur-sayuran di lokasi persampelan ini. Ketersediaan perumah yang pelbagai tanpa sebarang kawalan dan pengurusan lalat buah yang rapi di kampung tersebut telah menjadikan ekosistem kampung ini sangat sesuai untuk pembiakan dan kelangsungan hidup lalat buah.

Masalah infestasi lalat buah Tephritidae di ekosistem kampung ini dapat dikurangkan atau diselesaikan sekiranya terdapat usaha dan kerjasama semua penduduk dalam mengamalkan langkah sanitasi buah rosak di samping kaedah kawalan dan pengurusan perosak lalat buah yang terancang dan berkekalan. Persekitaran ekosistem kampung dengan ketersediaan perumah yang pelbagai, ditambah dengan kadar pembiakan dan penyebaran lalat buah yang tinggi akan mengakibatkan populasi lalat buah terus meningkat sehingga menjadi tempat takungan perosak lalat buah yang berkekalan selagi tiada langkah pengurusan lalat buah yang bersesuaian.

PENGHARGAAN

Penghargaan kepada penduduk Kampung Sungai Buah atas kebenaran dan kerjasama yang diberikan sepanjang kajian ini dijalankan.

PERNYATAAN PENULIS

Penyataan Pembiayaan

Kajian ini dibiayai oleh geran penyelidikan (ST-2019-005) daripada International Atomic Energy Agency (IAEA), Austria.

Penyataan Konflik Kepentingan

Tiada percanggahan kepentingan dalam kajian yang dijalankan.

Pernyataan Etika

Tiada isu etika dalam kajian ini.

Pernyataan Ketersediaan Data

Data yang menyokong dapatan kajian ini boleh didapati daripada penulis atas permintaan yang munasabah.

Sumbangan Penulis

NAJ menjalankan pensampelan, pengecaman spesimen dan penulisan manuskrip awal. NAJ dan WSL menjalankan analisis data. WSL bertanggungjawab ke atas reka bentuk kajian, pentafsiran data dan penulisan akhir manuskrip. Semua pengarang telah membaca dan memperakukan suntingan akhir manuskrip.

RUJUKAN

- Allwood, A.J., Chinajariyawong, A., Drew, R.A.I., Hamacek, E.L., Hancock, D.L., Hengsawad, C., Jinapin, J.C., Jirasurat, M., Kong Krong, C., Kritsaneepaiboon, S., Leong, C. TS. & Vijayasegaran, S. 1999. Host plant records for fruit flies (Diptera: Tephritidae) in South-East Asia. *Raffles Bulletin of Zoology* 7: 1-99.
- Christenson, L.D. & Foote, R.H. 1960. Biology of fruit flies. *Annual Review of Entomology* 5: 171-19.
- Clarke, A.R., Allwood, A., Chinajariyawong, A., Drew, R.A.I., Hengsawad, C., Jirasurat, M., Krong, C.K., Kritsaneepaiboon, S. & Vijayasegaran, S. 2001. Seasonal abundance and host use patterns of seven *Bactrocera* Macquart species (Diptera: Tephritidae) in Thailand and Peninsular Malaysia. *The Raffles Bulletin of Zoology* 49: 207-220.
- Clarke, A.R. 2019. *Biology and Management of Bactrocera and Related Fruit Flies*. Wallingford, UK: CABInternational.
- Chua, T.H. 2010. Fruit flies (Diptera: Tephritidae) from Malaysia and Brunei Darussalam: New species and records. *The Florida Entomologist* 93(4): 483-488.
- Collins, D.J. & Collins, B.A. 1998. *Fruit fly in Malaysia and Thailand 1985-1993. In Impact Assessment Series*. Trendsetting, Canberra: ACIAR.
- Doorenweerd, C., Chung, A.Y.C., Mustapeng, A.M.A. & Rubinoff, D. 2025. The Dacini fruit flies of Borneo: An annotated checklist with 89 species including three new to science (Tephritidae, Dacinae). *ZooKeys* 1240: 305-325.
- Doorenweerd, C., Leblanc, L., Norrbom, A.L., Jose, M.S. & Rubinoff, D. 2018. A global checklist of the 932 fruit fly species in the tribe Dacini (Diptera, Tephritidae). *ZooKeys* 2018(730): 19-56.
- Drew, R.A.I. & Hancock, D.L. 1994. The *Bactrocera dorsalis* complex of fruit flies (Diptera: Tephritidae: Dacinae) in Asia. *Bulletin of Entomological Research* 2: 1-68
- Drew, R.A.I. & Romig, M.C. 2013. *Tropical Fruit Flies (Tephritidae Dacinae) of South-East Asia: Indomalaya to North-West Australasia*. Wallingford: CABI.
- Drew, R.A.I. & Romig, M.C. 2016. *Keys to the Tropical Fruit Flies (Tephritidae Dacinae) of South-East Asia: Indomalaya to North-West Australasia*. Wallingford: CABI.
- Froerer, K.M., Peck, S.L., McQuate, G.T., Vargas, R.I., Jang, E.B. & McInnis, D.O. 2010. Long-distance movement of *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae) in Puna, Hawaii: how far can they go? *American Entomologist* 56(2): 88-95.
- Hee, A.K.W., Ooi, Y.S., Wee, S.L. & Tan, K.H. 2015. Comparative sensitivity to methyl eugenol of four putative *Bactrocera dorsalis* complex sibling species - further evidence that they belong to one and the same species *B. dorsalis*. *Zookeys* 540: 313-321.

- IAEA. 2003. *Trapping Guidelines for Area-wide Fruit Fly Programmes*. Austria: Joint FAO/IAEA Division of Nuclear Techniques in Food and Agriculture.
- Ibrahim, A.G., Singh, G. & King, H.S. 1979. Trapping of the fruit-flies, *Dacus* spp. (Diptera: Tephritidae) with methyl euginol in orchards. *Pertanika* 2: 58-61.
- Idrus, M. 2005. *Fruit Fly Distribution In Various Habitat In Peninsular Malaysia*. Malaysia: Crop Protection and Plant Quarantine Division, Department of Agriculture.
- Ismail, I., Ng, P.H., Azizan, A. & Yusof, O. 1995. Strategies and prospects of fruit fly management towards 2020. Proceedings of the Second Symposium on Tropical Fruit Flies, Kuala Lumpur.
- Mwatawala, M.W., De Meyer, M., Makundi, R.H. & Maerere, A.P. 2006. Biodiversity of fruit flies (Diptera, Tephritidae) in orchards in different agro-ecological zones of the Morogoro region, Tanzania. *Fruits* 61: 321-332.
- Park, S.J., Morelli, R., Hanssen, B.L., Jamie, J.F., Jamie, I.M., Siderhurst, M.S. & Philips, P.W. 2016. Raspberry ketone analogs: Vapour pressure measurements and attractiveness to Queensland fruit fly, *Bactrocera tryoni* (Froggatt) (Diptera: Tephritidae). *PLoS ONE* 11(5): e0155827.
- Shamshir, R.A. & Wee, S.L. 2024. Comparative responses of two major cucurbit pests, *Zeugodacus cucurbitae* and *Zeugodacus tau* to phenylbutanoid male lures. *Journal of Chemical Ecology* 50(12): 947-954.
- Shelly, T., Nishimoto, J., Diaz, A., Leathers, J., War, M., Shoemaker, R., Al-Zubaidy, M. & Joseph, D., 2010. Capture probability of released males of two *Bactrocera* species (Diptera: Tephritidae) in detection traps in California. *Journal of Economic Entomology* 103(6): 2042-2051.
- Vijayasegaran, S. 1996. Fruit flies of economic importance to the fruit industry and methods for their control in Malaysia: Problems and management of tropical fruit flies. Dlm: Chua, T.H. & Khoo, S.G. (pnyt.). *Proceedings of the Second Symposium on Tropical Fruit Flies 8-9 Mei 1995 Kuala Lumpur*, pp. 61-79. Kuala Lumpur: The Working Group on Malaysian Fruit Flies.
- Vijayasegaran, S. & Osman, M.S. 1991. Fruit flies in Peninsular Malaysia: Their economic importance and control strategies. Proceedings of The International Symposium on The Biology and Control of Fruit Flies, Okinawa, Japan.
- Wang, Y-H., Wee, S-L., De Faveri, S., Gagic, V., Hossain, S., Cheng, D-F., Bounsanong Chouangthavy, B., Han, P., Jiang, H-B., Krutmuang, P., Lee, H., Liu, X-F., Shi, W., Thun Sophak, T., Ye, Z-P., Xiao-Ming Zhang, X-M., Zhao Z-H., Zhou, A-M., Dong, Y-C., Zhan, S., Niu, C-Y. & Lu, Y-Y. 2024. Advancements in integrated pest management strategies for *Bactrocera dorsalis* in Asia: Current status, insights, and future prospects. *Entomologia Generalis* 44(5): 1091-1116.

- Wee, S.L. & Hee, A.K.W. 2018. Diurnal attraction of fruit flies (Diptera: Tephritidae) to methyl eugenol in a village ecosystem in Tanjung Bungah, Penang, Malaysia. *Serangga* 23(2): 83-91.
- Wee, S.L. & Ooi, Y.T. 2022. Penentuan gerak balas bergantung-kepada-umur lalat buah *Zeugodacus cucurbitae* (Diptera: Tephritidae) terhadap dua bahan penarik jantan fenilbutanoid. *Serangga* 27(3): 566-77.
- Wee, S.L. & Tan, K.H. 2000. Sexual maturity and intraspecific mating success of two sibling species of the *Bactrocera dorsalis* complex. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 94: 133-139.
- Wee, S.L., Hee, A.K.W. & Tan, K.H. 2002. Comparative sensitivity to and consumption of methyl eugenol in three *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae) complex sibling species. *Chemoecology* 12: 193-197.
- Wee, S.L., Abdul Munir, M.Z. & Hee, A.K.W. 2018. Attraction and consumption of methyl eugenol by male *Bactrocera umbrosa* Fabricius (Diptera: Tephritidae) promotes conspecific sexual communication and mating performance. *Bulletin of Entomological Research* 108(1): 116-124.
- Wee, S.L. & Tan, K.H. 2005. Evidence of natural hybridization between two sympatric sibling species of *Bactrocera dorsalis* complex based on pheromone analysis. *Journal of Chemical Ecology* 31: 845-858.
- White, I.M. & Elson-Harris, M.M. 1992. *Fruit Flies of Economic Significance: Their Identification and Bionomics*. United Kingdom: C.A.B. International.
- Tan, K.H. & Lee, S.L. 1982. Species diversity and abundance of *Dacus* (Diptera: Tephritidae) in five ecosystems of Penang, West Malaysia. *Bulletin of Entomological Research* 72: 709-716.
- Tan, K.H. & Nishida, R. 2012. Methyl eugenol: its occurrence, distribution, and role in nature, especially in relation to insect behavior and pollination. *Journal of Insect Science* 12: 56.
- Tan, K.H. & Nishida, R. 2024. A review on natural phenylbutanoid attractants: Occurrence, distribution, and role in nature, especially in relation to Dacini fruit fly behavior and pollination. *Journal of Chemical Ecology* 50: 926–946.
- Tan, K.H. & Zairi, J. 1986. Comparison of male adult population densities of the oriental and artocarpus fruit flies *Dacus* spp. (Diptera: Tephritidae), in two nearby villages in Penang, Malaysia. *Population Ecology* 28: 85-89.
- Tan, K.H., Nishida, R., Jang, E.B. & Shelly, T.E. 2014. Pheromones, male lures, and trapping of tephritid fruit flies. Dlm. Shelly, T., Epsky, N., Jang, E.B., Reyes-Flores, J. & Vargas, R.D. (Pnyt.). *Trapping and the Detection, Control, and Regulation of Tephritid Fruit Flies*, pp. 15-74. Dordrecht Heidelberg: Springer.