

**STRUKTUR ULTRA DAN TABURAN LIANG PEREMBES LILIN SERTA
KOMPOSISI KIMIA LILIN KOYA, *Planococcus minor* (MASKELL)
(HEMIPTERA: PSEUDOCOCCIDAE)**

*[ULTRASTRUCTURE AND DISTRIBUTION OF WAX SECRETION PORE, AND
CHEMICAL COMPOSITION OF MEALYBUG WAX, *Planococcus minor* (MASKELL)
(HEMIPTERA: PSEUDOCOCCIDAE)]*

Nurul Wahida Othman^{1,2,*}, Nurfatin Amirah Saleh¹ & Suhana Yusof³

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

³Pusat Penyelidikan Hortikultur,
Institut Penyelidikan dan Kemajuan Pertanian Malaysia (MARDI),
Ibu Pejabat MARDI, Persiaran MARDI-UPM,
43400 Serdang, Selangor, Malaysia

*Pengarang Berutusan: wahida@ukm.edu.my

Tarikh hantar: 3 October 2025; Tarikh terima: 19 November 2025; Tarikh penerbitan: 15 Disember 2025

ABSTRAK

Planococcus minor (Maskell), merupakan spesies koya yang mampu menyerang pelbagai jenis tanaman dari sekurang-kurangnya 80 famili tumbuhan melalui kelakuan menghisap sap tumbuhan yang menyebabkan pertumbuhan terencat, daun menguning, selain mampu menyebabkan kematian tanaman. Kawalan serangga perosak dengan menggunakan pestisid kurang memberi kesan kerana koya diselaputi lapisan lilin yang dirembes melalui liang perembes lilin yang bertindak melindunginya. Sehingga kini, masih tiada kajian dilakukan terhadap liang perembes lilin dan komposisinya bagi spesies *P. minor*. Oleh itu, kajian ini dijalankan untuk menentukan morfologi, dan taburan liang perembes lilin, serta komposisi kimia lilin spesies ini. Sampel *P. minor* diperoleh dari pengkulturan makmal oleh Institut Penyelidikan dan Kemajuan Pertanian Malaysia (MARDI), Serdang dan dibiakkan di makmal Pusat Sistemik Serangga (CIS). Tiga sampel koya *P. minor* betina dewasa digunakan bagi pemerhatian morfologi liang perembes lilin menggunakan mikroskop pengimbas elektron (SEM) manakala 10 sampel digunakan bagi melihat taburan liang pada integumen koya menggunakan mikroskop cahaya. Komposisi kimia lilin yang dirembes oleh *P. minor* diekstrak daripada 90 sampel koya dewasa dan dianalisis menggunakan analisis GC-MS. Hasil mendapati bahawa liang lilin *P. minor* terdiri daripada tiga jenis morfologi iaitu liang trilokul, liang cakera multilokul dan duktus tubul. Taburan bagi liang lilin spesies ini banyak terdapat

di bahagian sisi (125.7 ± 35.3) dan hujung dorsum (85.6 ± 17.1). Data analisis GC-MS menunjukkan kandungan utama bagi lilin koya *P. minor* terdiri daripada hidrokarbon, ester, dan asid. Pengetahuan tentang morfologi, corak taburan dan lokaliti liang, serta kandungan kimia lilin koya bagi spesies ini diharapkan dapat membantu usaha untuk membangunkan pestisid yang spesifik bagi mengawal serangga perosak ini dengan lebih baik lagi pada masa akan datang.

Kata kunci: Pseudococcidae; struktur ultra; profil lilin serangga; serangga perosak

ABSTRACT

Planococcus minor (Maskell) is a species of mealybug that capable of attacking various types of plants from at least 76 plant families by feeding on plant sap, which causes stunted growth, yellowing of leaves, and can even lead to plant death. Pest control using pesticides is often ineffective because the mealybug is covered with a wax layer secreted through wax-secreting pores that protect it. To date, no studies have been conducted on the wax-secreting pores and their composition for the species *P. minor*. Therefore, this study was carried out to determine the morphology and distribution of the wax-secreting pores, as well as the chemical composition of the wax of this species. Samples of *P. minor* were obtained from the crop plots at the Malaysian Agricultural Research and Development Institute (MARDI), Serdang and reared in the laboratory at the Insect Systematics Centre (CIS). Three adult female *P. minor* mealybug samples were used to observe the morphology of the wax-secreting pores using a scanning electron microscope (SEM), while 10 samples were used to examine the distribution of the pores on the mealybug integument using a light microscope. The chemical composition of the wax secreted by *P. minor* was extracted from 90 adult mealybug samples and analyzed using GC-MS analysis. The results showed that the wax pores of *P. minor* consist of three morphological types: trilocular pores, multilocular disc pores, and tubular ducts. These wax pores were mainly distributed on the sides (125.7 ± 35.3) and at the end of the dorsum (85.6 ± 17.1). The GC-MS data showed that the main components of the wax of *P. minor* are hydrocarbons, esters, and acids. Knowledge about the morphology, distribution patterns and locations of the pores, as well as the chemical composition of the wax in this species, is expected to assist in efforts to develop specific pesticides for better control of this pest in the future.

Keywords: Pseudococcidae; mealybug; ultrastructure; insect wax profile; insect pest

PENGENALAN

Koya berasal dari order Hemiptera, famili Pseudococcidae, merupakan kumpulan kedua terbesar dalam serangga teritip. Serangga ini dikenali sebagai antara perosak utama tumbuhan disebabkan oleh struktur mulutnya yang bersifat mencucuk dan menghisap sap tumbuhan. Kajian lalu mendapati bahawa koya boleh menyerang lebih daripada 300 spesies tumbuhan daripada 76 famili tumbuhan (Downie & Gullan 2004; Miller & Williams 1997; Tong et al. 2019). Dalam konteks tanaman pertanian, koya sering menyerang tanaman seperti nenas, sitrus, koko, pisang dan durian dan menyebabkan penurunan kualiti hasil buah. Kebanyakan spesies koya adalah monofagus atau olifagus namun 30% daripadanya adalah polifagus dengan tanaman perumah yang lebih meluas. Spesies *Planococcus minor* misalnya mampu menyerang lebih 250 jenis tumbuhan daripada hampir 80 famili (Davis & Vennette 2004). Tanaman utama yang menjadi sasaran *P. minor* termasuklah koko (Puspitasari et al. 2023) dan kopi, yang merupakan komoditi penting negara. Menurut Kementerian Industri Utama, industri koko telah

menyumbang sebanyak RM5.55 bilion kepada pendapatan eksport negara pada tahun 2018 dan RM1.44 bilion kepada KDNK.

Koya menyerang kebanyakan bahagian tumbuhan dan mampu menyebabkan klorosis, pertumbuhan yang terbantut dan tanda layu atau kering pada ranting dan batang pokok (Zarkani et al. 2022). Tanda serangan koya boleh dilihat melalui debu putih yang tertinggal pada daun, buah, pucuk dan batang pokok. Debu putih ini merupakan lilin yang dihasilkan melalui liang pada integumennya. Jika serangan koya berlaku, adalah sukar untuk menyelamatkan tumbuhan yang mengalami kerosakan akibat koya kerana ia bukan sahaja memindahkan virus tumbuhan, malah turut menggalakkan pertumbuhan kulat (*sooty mold*) (Zarkani et al. 2021). Bahan buangan yang dihasilkan oleh koya iaitu rembesan manis (*honeydew*) turut menggalakkan pertumbuhan kulat yang menyebabkan kesan hitam pada permukaan buah dan menjadikan buah kelihatan rosak atau cacat walaupun isi dalamnya tidak terjejas (Borkakati 2024a). Kecacatan ini mengurangkan kualiti serta nilai jualan buah kerana ia kelihatan tidak menarik. Tambahan pula, rembesan manis oleh serangga (*honeydew*) ini turut menarik kehadiran serangga lain seperti semut dan kerengga yang bertindak sebagai agen penyebar koya ke kawasan lain.

Tanpa kawalan yang baik populasi koya boleh menyebabkan kerosakan serius kepada batang dan akhirnya mengakibatkan kematian tumbuhan. Pengawalan koya juga agak mencabar kerana kitar hidupnya yang cepat dan kebanyakannya berlindung di tempat tersembunyi seperti bawah daun dan celah batang, menjadikan semburan racun serangga kurang berkesan kerana koya memiliki lapisan lilin pelindung yang menyukarkan penembusan racun (Borkakati et al. 2024b). Namadara et al. (2025) menyatakan kawalan menggunakan racun serangga berasaskan air dan agen kawalan biologi kurang efektif kerana salutan lilin ini selain kehadiran mikrob endosimbion yang menyukarkan lagi kawalan terhadap serangga perosak ini. Antara kaedah kawalan biologi yang digunakan, contohnya melalui pemangsa dan parasitoid seperti *Cryptolaemus montrouzieri* (Wahyuningsih 2019). Walau bagaimanapun, kaedah ini memerlukan masa yang lama untuk memberi kesan, dan terdapat kesukaran dalam mendapatkan dan menyesuaikan pemangsa yang sesuai. Antara kaedah kawalan lain adalah seperti kaedah mekanikal seperti semburan air bertekanan tinggi dan memberus daun serta buah turut digunakan. Selepas itu, minyak mineral disembur bagi mematikan nimfa yang sukar dilihat (Saranum et al. 2022).

Sehingga kini, tiada kajian menyeluruh yang dilakukan terhadap morfologi, lokaliti, dan taburan liang perembes lilin serta komposisi kimia lilin yang dirembes oleh koya spesies *P. minor*, meskipun spesies ini menyerang pelbagai jenis tumbuhan. Kajian terhadap aspek-aspek ini amat penting untuk memahami organ pertahanan serangga ini. Selain itu, kajian ini turut menentukan lokaliti dan taburan liang perembes lilin pada integumen koya spesies *P. minor*. Pengetahuan tentang komposisi kimia lilin spesies ini boleh membantu penyelidik membangunkan racun serangga yang lebih berkesan dalam pengawalan koya, sekali gus mengurangkan kerugian pertanian dan mengekalkan kualiti hasil tanaman.

BAHAN DAN KAEDAH

Sampel Kajian

Sampel koya dewasa bagi spesies *P. minor* yang digunakan dalam penyelidikan ini telah diperolehi dari pelbagai lokasi tanaman durian yang kemudiannya dibiakkan di atas labu di Institut Penyelidikan dan Kemajuan Pertanian Malaysia (MARDI) Serdang, Selangor (N 2° 59' 51.4392", E 101° 41' 26.2284"). Setelah pembiakan generasi kedua, sampel kemudiannya

dibawa pulang ke makmal Pusat Sistematis Serangga, UKM untuk dibiakkan di atas labu lain serta diletakkan dalam bekas berjaring bagi mengelakkan serangga lain menyerang buah labu tersebut.

Hanya sampel koya betina dewasa *P. minor* digunakan dalam kajian ini kerana hanya peringkat ini yang merembeskan lapisan lilin yang tebal. Tiga sampel betina dewasa *P. minor* digunakan bagi kajian ultrastruktur menggunakan SEM. Bagi kajian taburan dan lokaliti untuk pemerhatian di bawah mikroskop cahaya, 10 sampel digunakan. Untuk kajian komposisi kimia menggunakan analisis GC-MS pula, 90 sampel koya *P. minor* digunakan dengan dua replikasi.

Kajian Struktur Ultra Menggunakan Mikroskop Imbasan Elektron (SEM)

Tiga sampel koya *P. minor* didehidrasikan di dalam larutan etanol dengan kepekatan menaik (80%, 90%, 95%, dan 100%) dalam masa 30 minit bagi setiap kepekatan. Lilin pada permukaan badan sampel koya dibuang dengan merendam spesimen dalam blok kaviti kaca bertutup yang mengandungi larutan kalium hidroksida (KOH) 10% selama semalaman pada suhu bilik. Kemudian, spesimen direndam dalam 100% alkohol selama satu jam lalu dikeringkan dalam larutan hexamethyldisilazane (HMDS). Spesimen kemudiannya akan disalut dengan emas-palladium dan proses pemerhatian mikrofograf dilakukan di bawah Mikroskop Elektron Pengimbasan Pancaran Medan (FESEM) model ZEISS MERLIN di Unit Mikroskopi Elektron iCRIM UKM.

Penentuan Lokaliti Dan Taburan Liang Perembes Lilin Menggunakan Mikroskop Cahaya

Sejumlah 10 sampel koya *P. minor* direndam di dalam larutan kalium hidroksida (KOH) 10% di dalam blok kaviti kaca bertutup selama semalaman untuk membersihkan kandungan dalaman badan dan melarutkan lilin pada badan spesimen (Rajah 1). Seterusnya, sampel dibilas dengan air suling di bawah mikroskop stereo lalu diwarnakan menggunakan Schiff Reagent selama 10 minit. Spesimen kemudiannya didehidrasi dalam etanol dengan kepekatan menaik secara berperingkat iaitu 50%, 70%, 90%, dan 100%. Seterusnya, spesimen dimasukkan ke dalam xilene dengan kepekatan berperingkat iaitu 30%, 50%, dan 100%, lalu dilekapkan pada slaid kaca menggunakan media pelekapan Dibutylphthalate Polystyrene Xylene (DPX). Spesimen kemudiannya diperhatikan, dikenalpasti, dan difoto menggunakan mikroskop Axio Scope Zeiss dengan perisian Zen Lite di Pusat Sistematis Serangga (CIS) UKM. Pengesanan bagi pengesanan spesies dilakukan dengan merujuk kepada sampel rujukan dari pihak MARDI. Pengiraan liang perembes lilin yang terdapat pada bahagian sisi dan bawah dorsum koya *P. minor* telah dilakukan menggunakan gambar liang yang dapat diperhatikan di bawah mikroskop cahaya dengan pembesaran 40x. Pengiraan dilakukan secara manual dengan membesarkan gambar, menanda dan merekod liang yang dapat dikenalpasti pada gambar tersebut.



Rajah 1. Sampel direndam di dalam larutan KOH 10% selama semalaman

Kajian Komposisi Kimia Lilin Menggunakan Analisis GC-MS

Protokol bagi pengekstrakan sampel lilin adalah merujuk kepada Ayasha et al. (2020) dengan sedikit modifikasi. Modifikasi yang dilakukan adalah dengan menambahkan jumlah spesimen yang digunakan berdasarkan kepada saiz sampel yang lebih kecil berbanding sampel yang dikaji oleh Ayasha et al. (2020). Sebanyak 45 individu koya betina dewasa telah diekstrak lilinnya menggunakan kloroform (CHCl_3) sebanyak dua kali ($10\text{ml} \times 2$) menggunakan mesin ultrasonik selama 20 minit bagi setiap satu bagi satu replikasi. Dua replikasi telah dilakukan bagi analisis GC-MS yang melibatkan 90 sampel koya.

Sampel yang telah diekstrak disaring dan disejatkan dengan tekanan rendah menggunakan mesin penyejat berputar, pada suhu di bawah 60°C untuk mengelakkan kloroform daripada mendidih dan mengekalkan keadaan sebenarnya. Sebanyak 1 ml ekstrak lilin koya *P. minor* dimasukkan ke dalam vial dan dihantar ke makmal Unit Kromatografi Gas UKM untuk proses analisis GC-MS dilakukan.

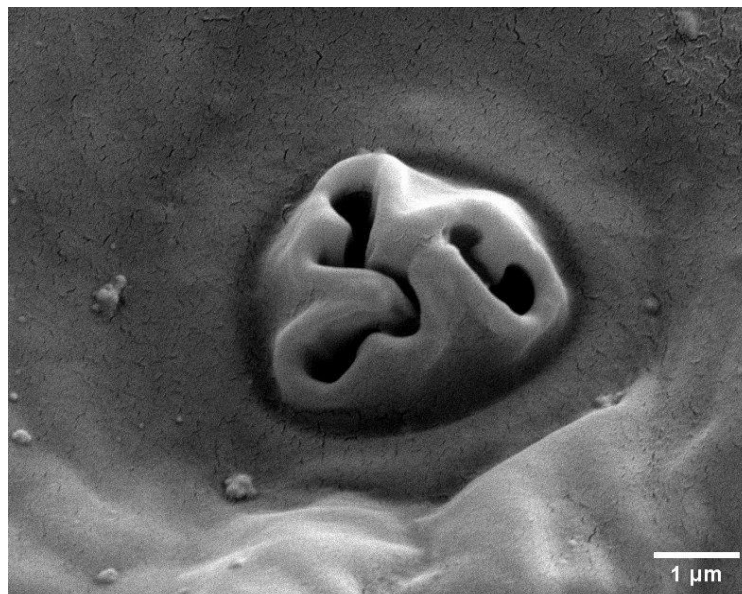
Untuk proses analisis GC-MS, protokol yang dirujuk adalah berdasarkan (Ahmad et al. 2020). Sebanyak 1 μl sampel ekstrak lilin dimasukkan ke dalam kolum GC-MS. Aliran gas pembawa iaitu gas helium ditetapkan kepada 1 mL per minit. Aliran gas helium digunakan dengan tekanan 10 psi. Suhu pada awalnya ditetapkan pada 40°C selama seminit. Selepas itu, suhu dinaikkan secara berkala sebanyak 3°C bagi setiap minit sehingga suhu mencecah 60°C lalu dikekalkan selama 15 minit. Seterusnya, suhu dinaikkan lagi secara berkala sebanyak 2°C per minit sehingga mencecah 220°C dan dikekalkan untuk 5 minit. Akhir sekali, suhu dinaikkan lagi secara berkala sebanyak 5°C bagi setiap minit sehingga mencapai suhu 280°C . Jumlah masa yang diambil untuk analisis selesai dilakukan adalah selama 120 minit. Bagi setiap

puncak yang diperoleh terdapat tiga komponen dari data hasil analisis GC-MS. Hanya satu daripada tiga komponen dipilih bagi setiap puncak dengan membandingkan hasil dengan komposisi kimia lilin koya yang telah didapati daripada rujukan kajian terdahulu. Daripada keseluruhan komposisi kimia yang diperolehi, hanya tujuh senarai tertinggi sahaja bagi sampel 1 dan lapan senarai tertinggi sahaja bagi sampel 2 yang dilaporkan bagi kajian ini.

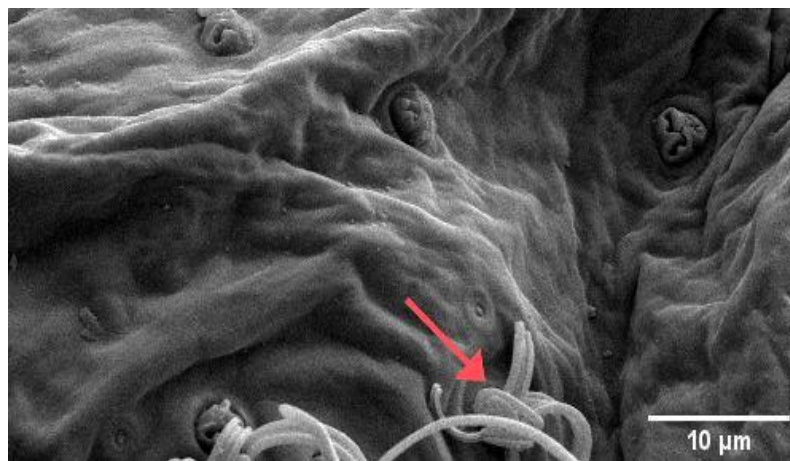
HASIL DAN PERBINCANGAN

Morfologi Dan Struktur Ultra Liang Perembes Lilin

Melalui pemerhatian di bawah mikroskop imbasan elektron (SEM), tiga jenis liang dapat dikenalpasti ialah liang trilokul, liang cakera multilokul, dan duktus tubul (100x pembesaran). Liang trilokul bagi *P. minor* yang diperhatikan kelihatan terdiri daripada tiga bukaan yang memanjang ke luar dari bahagian tengah liang (Rajah 2). Ketiga-tiga bukaan itu kelihatan seakan berpintal antara satu sama lain menghasilkan bentuk seolah-olah bumerang. Liang trilokul menghasilkan filamen lilin yang berlingkar menyelaputi badan koya (Rajah 3).

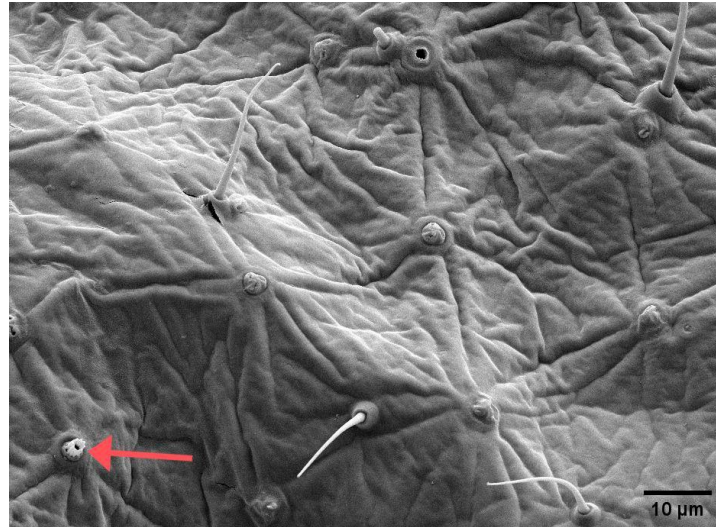


Rajah 2 Liang trilokul yang diperhatikan di bawah SEM

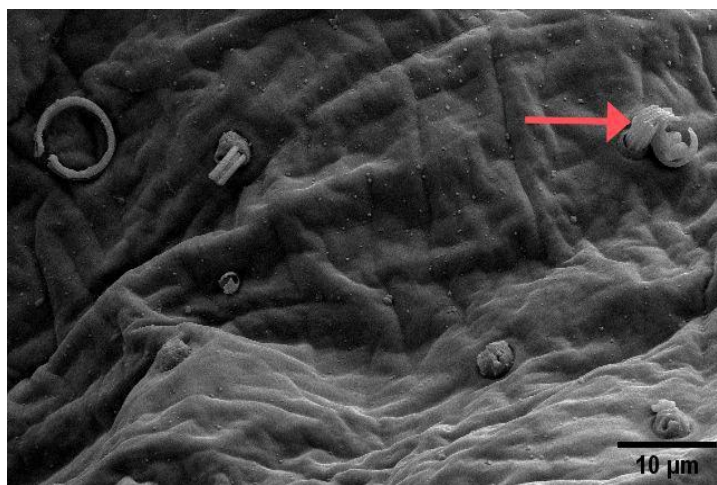


Rajah 3 Filamen lilin berlingkar (→) yang dirembes oleh liang trilokul di bawah SEM

Bagi liang cakera multilokul, terdapat banyak liang atau lubang halus di bahagian tengah. Liang perembes lilin jenis ini juga dapat diperhatikan pada sekeliling spirakel abdomen dengan menggunakan SEM (Rajah 4). Liang cakera multilokul merembeskan filamen lilin yang melengkung seakan berbentuk huruf “C” turut diperhatikan (Rajah 5).

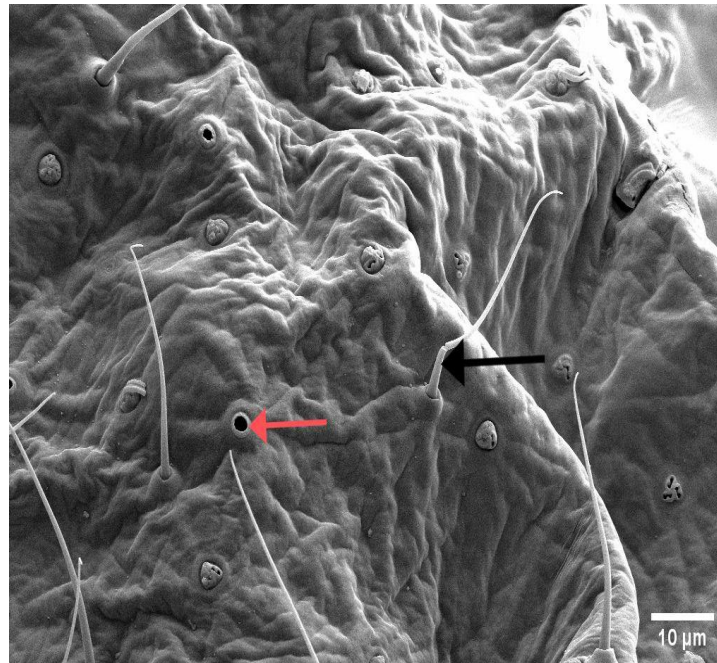


Rajah 4 Liang cakera multilokul (→) yang merembeskan filamen lilin melengkung. Turut kelihatan setae panjang di antara liang cakera multilokul



Rajah 5 Filamen Lilin Melengkung (→) Yang Dirembes Oleh Liang Cakera Multilokul

Selain Daripada Itu, Duktus Tubul Yang Turut Merembeskan Lilin Pada Koya Juga Dapat Diperhatikan (Rajah 6). Duktus Tubul Pada Koya Berbentuk Bulat Dengan Satu Bukaannya. Selain Itu, Setae Yang Berbentuk Panjang Dan Lurus Juga Dapat Dilihat Menggunakan SEM (Rajah 6).



Rajah 6 Duktus tubul pada badan koya (→) dan setae pada badan koya (→)

Liang perembes lilin merupakan komponen yang sangat penting dalam perembesan lilin koya. Perbezaan dalam struktur ultra bagi liang perembes lilin adalah berguna dari segi taksonomi koya. Perbezaan morfologi liang ini telah digunakan untuk mengelaskan spesies serangga sisik dalam famili berlainan seperti Coccidae, Diaspididae, dan Monophlebidae (Takagi 1990; Ülgentürk & Wilhem 2001; Unruh 2008; Unruh & Gullan 2008). Ketiga-tiga jenis liang perembes lilin yang diperhatikan pada badan koya *P. minor* iaitu liang trilokul, liang cakera multilokul, dan duktus tubul mempunyai fungsinya yang tersendiri. Ini berbeza daripada hasil dapatan spesies lain seperti *Drosicha stebbingii* yang mempunyai empat jenis liang iaitu liang cakera spirakul, liang cakera multilokul, liang bilokul, dan duktus tubul (Ayasha et al. 2020). Su et al. (2016) menjalankan kajian terhadap rembesan dan liang perembes lilin bagi serangga afid *Eriosoma lanigerum* yang merupakan serangga perosak bagi buah epal. Dapatan kajian menunjukkan bahawa afid mempunyai empat baris plat kelenjar lilin yang tersusun secara selari pada bahagian dorsumnya. Setiap plat kelenjar lilin terdiri daripada banyak liang kecil yang tersusun secara bulatan, berfungsi merembes keluar lilin dari badan afid.

Liang trilokul menghasilkan filamen lilin yang akan bergabung membentuk lapisan lilin halus yang menyelaputi badan koya (Cox & Pearce 1983). Liang jenis ini biasanya banyak didapati pada bahagian dorsum badan koya. Bentuk liang trilokul adalah gabungan bukaan yang memanjang dan membentuk seakan segi tiga seperti bumerang. Bukaan-bukaan liang trilokul tersusun seakan berpintal dengan bukaan di sebelahnya. Disebabkan oleh bentuk bukaan liang tersebut, filamen lilin yang dirembes keluar melalui liang jenis ini berbentuk berlingkar seperti dalam Rajah 3. Sifat umum lilin yang hidrofobik berfungsi melindungi badan koya.

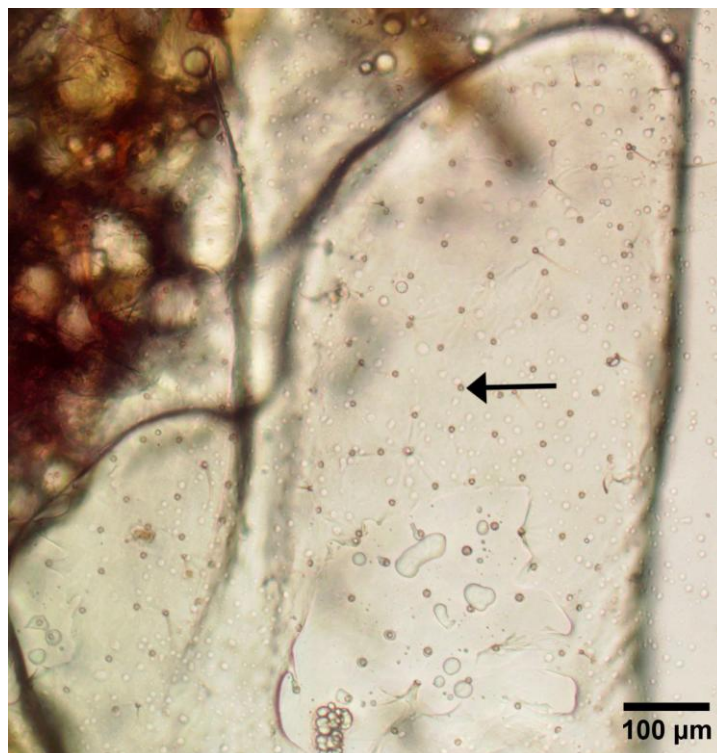
Liang cakera multilokul pula berfungsi merembeskan lilin yang bertindak sebagai pelindung untuk telur-telur koya dengan menghasilkan lapisan lilin yang meyelaputi telur tersebut (Hashimoto & Ueda 1985). Zhang et al. (2012) melaporkan pada Pseudococcidae, filamen lilin yang telah dirembes melalui liang ini adalah pendek dan melengkung, biasanya berbentuk seakan huruf “C” yang berfungsi menapis bahan dari udara serta sifatnya yang

hidrofobik dapat menghalang air daripada menyumbat liang-liang. Filamen ini akan berkumpul dan bergumpal menyelaputi permukaan telur koya atau disebut kantung ovum bagi melindungi dan mengelakkan telur-telur tersebut daripada melekat antara satu sama lain.

Duktus tubul berbentuk bulat dengan satu bukaan sahaja dan ianya berfungsi merembeskan filamen panjang dan lurus. Filamen lilin yang dirembeskan oleh duktus tubul ini akan bergabung dengan rembesan lilin dari liang cakera multilokul untuk membentuk kantung ovum (Kumar et al. 1997). Lilin yang dihasilkan oleh duktus tubul koya adalah melekit dan membentuk lapisan luar kantung ovum. Lilin ini penting untuk memastikan kantung telur dapat menempel pada permukaan tanaman hos (Foldi & Pearce 1985).

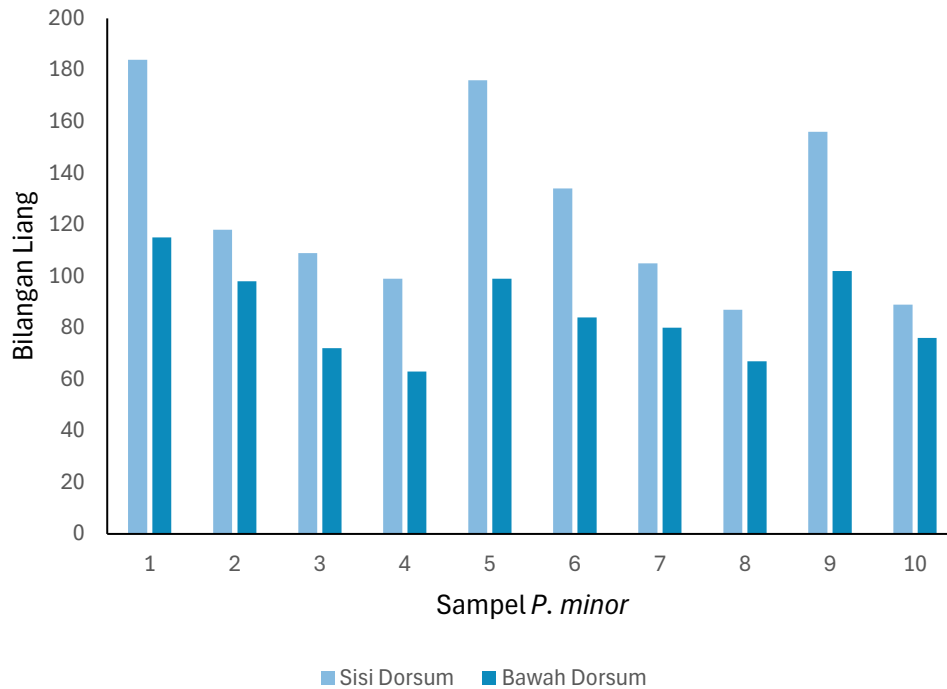
Taburan Liang Perembes Lilin Pada Koya *P. minor*

Pemerhatian di bawah mikroskop cahaya menunjukkan bahawa liang perembes lilin koya bagi spesies *P. minor* tersebar luas pada bahagian belakang badannya yang dipanggil dorsum. Liang perembes lilin ini juga dapat dilihat dengan lebih banyak pada bahagian sisi badan koya (Rajah 7).



Rajah 7 Liang perembes lilin (→) pada bahagian sisi badan koya *P. Minor*

Bilangan liang yang diperhatikan telah dikira, direkodkan, dan ditunjukkan dalam Rajah 8. Purata ($n=10$) bilangan liang perembes lilin bagi spesies *P. minor* adalah sebanyak 125.7 ± 35.34 liang bagi bahagian sisi dorsum dan 85.6 ± 17.1 liang bagi bahagian bawah dorsum.



Rajah 8 Carta bar bilangan liang perembes lilin pada 10 sampel *P. Minor*

Berdasarkan data taburan liang perembes lilin *P. minor* yang diperoleh, dapat disimpulkan bahawa pada badan koya terdapat sangat banyak liang-liang yang berfungsi merembeskan lilin untuk melindungi dirinya. Bilangan liang-liang yang padat dapat diperhatikan pada bahagian sisi dorsum badan koya *P. minor* diikuti oleh liang-liang pada bahagian bawah dorsum badan koya. Taburan liang-liang perembes lilin ini adalah sangat banyak dan merata pada bahagian badan koya, membolehkan rembesan lilin dapat berlaku dengan merata. Hal ini memastikan badan koya dapat diselaputi lilinnya secara menyeluruh untuk melindungi dirinya.

Pada serangga afid *Eriosoma lanigerum*, bahagian kepalanya mempunyai jumlah liang kelenjar lilin paling sedikit iaitu sebanyak 5-8, diikuti oleh bahagian toraks (7-10), dan bahagian abdomen iaitu sebanyak 8-12 liang. Jumlah liang banyak terdapat pada bahagian toraks dan abdomen secara umumnya. Bagi afid dalam fasa instar dan dewasa, liang kelenjar lilin lebih sempurna pada bahagian toraks dan abdomen, menjadikan ia dapat merembes lebih banyak lilin pada bahagian tersebut berbanding bahagian lain (Su et al. 2016).

Kajian terhadap liang perembes lilin koya bagi spesies *Drosicha stebbingii* oleh Ayasha et al. (2020) mendapati bahawa koya spesies ini mempunyai empat jenis liang perembes lilin pada badan. Liang cakera spirakul banyak terdapat dan tersebar merata pada bahagian dorsum dan ventral. Liang cakera multilokul pula lebih banyak terdapat berdekatan bahagian vulva pada ventral koya spesies ini. Seterusnya, liang bilokul dapat diperhatikan pada bahagian sisi ventral berdekatan kawasan genital koya. Setiap liang ini berbentuk bulat dengan dua bukaan yang dipisahkan oleh septum. Duktus tubul pada spesies ini pula terletak bertaburan pada bahagian dorsum dan ventral badannya.

Komposisi Kimia Lilin Menggunakan Analisis GC-MS

Analisis GC-MS yang dijalankan ke atas ekstrak lilin koya spesies *P. minor* menunjukkan bahawa lilin tersebut kebanyakannya terbentuk daripada hidrokarbon, ester, dan asid. Antara sebatian yang menunjukkan puncak paling tinggi ialah sebatian asid benzoik iaitu 29.33% dalam sampel 1 manakala 30.77% dalam sampel 2 (Jadual 1).

Jadual 1 Senarai sebatian kimia yang menunjukkan pengionan tertinggi dalam lilin *P. minor* berdasarkan analisis GC-MS

No.	Sebatian Kimia	Puncak (%) 1	Puncak (%) 2
1.	3,5-dimethylcyclohexyl ester	2.03	-
2.	Octadecanoic acid	4.62	2.60
3.	1,3,5-Triazine	1.22	-
4.	Benzoic acid	29.33	30.77
5.	2-Ethylacridine	2.78	-
6.	1,4-Bis (trimethylsilyl) benzene	3.23	4.44
7.	Diethyl bis (trimethylsilyl) ester	4.46	-
8.	Cyclohexymethyl heptadecyl ester	-	2.03
9.	Cyclohexymethyl octadecyl ester	-	1.94
10.	Benzeneacetic acid	-	6.27
11.	Hexanedioic acid	-	2.16
12.	Isopropylbenzamide	-	8.71

Lilin yang dirembeskan oleh koya ini membolehkan badannya menjadi kalis air, melindungi badannya dari pencemaran oleh rembesan bahan kumuh *honeydew* serta dari musuh dan patogen (Pope 1983). Kandungan bahan kimia yang dapat dikenalpasti dalam ekstrak lilin koya melalui analisis GC-MS menunjukkan komponen utama dalam membentuk lilin serangga ini antaranya ialah hidrokarbon dan ester lilin yang terdiri daripada asid lemak dan rantai alkohol. Hidrokarbon kutikel serangga (CHCs) berfungsi menghasilkan lapisan lilin pada kutikel serangga untuk mengekalkan kandungan air dan mengelakkan kekeringan dalam badan serangga tersebut. Hidrokarbon ini juga turut berfungsi sebagai molekul yang memberi isyarat dalam proses pengecaman pasangan dan komunikasi secara kimia (Chung & Carroll 2015).

Ester lilin yang terdiri daripada asid lemak dan rantai alkohol mempunyai pelbagai fungsi biologi. Banyak artropod darat dan serangga menghasilkan sejumlah besar ester lilin (dan lipid lain) pada permukaan kutikelnnya untuk mengurangkan kehilangan air ke persekitaran (Buckner 1993; Gibbs 1998). Lilin pada permukaan kutikel serangga biasanya mengandungi alkohol berlemak tepu dan rantai asid lemak yang terdiri daripada 12 hingga lebih daripada 20 atom karbon bagi setiap rantai (Buckner 1993).

Lilin yang di rembeskan daripada liang yang berbeza mempunyai peranan penting untuk melindungi koya dalam peringkat tumbesaran mahupun setelah dewasa. Lapisan lilin pada permukaan badan koya dapat melindungi koya daripada tercemar oleh bahan kumuh madu serangga yang dihasilkannya (Broadbent 1951; Cox & Pearce 1983; Pope 1983) atau

melindungi dirinya dari bakteria, kulat, dan parasit lain (Foldi & Pearce 1985). Lapisan lilin ini juga penting untuk mengelakkan kerosakan kepada telur koya serta membolehkan telur-telur koya menetas dengan baik (Hashimoto & Ueda 1985) selain melekatkan telur dengan baik pada tumbuhan perumah (Ulusoy et al. 2022). Selain daripada itu, lilin yang dirembeskan oleh koya bersifat hidrofobik, menjadikan badan koya kalis air dan dapat melindungi diri dan telurnya dari semburan racun serangga perosak (Kumar et al. 1997).

Dalam afid bagi spesies *Eriosoma lanigerum* dan *Stegophylla brevirostris*, komponen utama dalam lilin yang dirembes ialah di-keto ester and ester lilin (Ammar et al. 2013; Cameron & Drake 1976). Kajian yang dijalankan oleh Nelson et al. (2000) ke atas lalat putih *Aleyrodes singularis* menunjukkan kehadiran rantai panjang aldehid, alkohol, hidrokarbon, and ester lilin dalam lilin luaran bagi lalat dewasa. Kutikel lilin juga memainkan peranan penting untuk mengenalpasti perumah parasitoid dalam spesies *Aphidius rhopalosiphi* (Muratori et al. 2006).

Tubuh afid tidak bergerak semasa ia sedang menghisap sap sel tumbuhan. Lapisan lilin pada badannya dapat melindunginya daripada terkena air hujan kerana sifatnya yang kalis air (Buckton 1876). Selain itu, lapisan lilin yang dirembes oleh afid juga dapat mengelakkannya daripada melekat pada bahan kumuhnya iaitu madu serangga sekali gus dapat mengelakkan diri daripada serangan kulat. Lilin yang dirembes oleh afid *Phyllaphis fagi* dan *Eriosoma lanigerum* menunjukkan kebolehan untuk membiaskan sinar ultraungu, sekali gus dapat mengurangkan penyerapan haba dan mengurangkan kehilangan air bagi afid (Pope 1979).

KESIMPULAN

Tiga jenis morfologi berbeza telah dikenalpasti iaitu liang trilokul, liang cakera mutlilokul, dan duktus tubul. Pengetahuan mengenai morfologi dan taburan liang perembes lilin koya sangat penting kerana liang perembes lilin ini merupakan komponen utama dalam aktiviti perembesan lilin oleh koya yang melindunginya daripada semburan bahan kimia. Lilin yang dirembeskan oleh koya telah dapat dikenalpasti komposisi kimianya melalui kaedah analisis GC-MS dengan kandungan hidrokarbon dan ester lilin sebagai komponen utama. Dengan pengetahuan tentang komposisi lilin yang dirembeskan, bahan-bahan yang dapat melarutkan lilin itu juga dapat dikaji dan dikenalpasti dengan lebih mendalam pada masa akan datang. Dapatan kajian ini juga berpotensi menyumbang kepada pembangunan racun serangga yang lebih spesifik dan berkesan terhadap serangga perosak koya. Dengan penggunaan pestisid yang lebih tepat, masalah penyusutan nilai komersial buah dan kerugian akibat serangan serangga perosak dapat dikurangkan. Selain itu, hasil kajian ini dapat dijadikan rujukan untuk penyelidikan yang lebih mendalam pada masa akan datang.

PENGHARGAAN

Setinggi penghargaan kepada pihak MARDI kerana membantu dalam mendapatkan sampel kajian. Sekalung penghargaan juga ditujukan kepada pihak Unit Mikroskopi Elektron UKM, Encik Zaki dan Unit Kromatografi Gas UKM yang banyak membantu dalam pemprosesan sampel sepanjang penyelidikan ini dijalankan.

PENGISYTIHARAN PENGARANG

Pernyataan Biaya Dana

Tiada

Percanggahan Kepentingan

Penulis-penulis mengisytiharkan bahawa tidak mempunyai konflik kepentingan.

Penyataan Etika

Tiada isu etika diperlukan untuk penyelidikan ini.

Pernyataan Kehadiran Data Tambahan

Tiada

Sumbangan Pengarang

Nurul Wahida Othman (NWO), Nurfatin Amirah Saleh (NAS), dan Suhana Yusof (SY) terlibat dalam pensampelan dan analisis ke atas sampel. NWO menyusun idea penulisan, format dan menulis manuskrip manakala NAS turut menulis manuskrip. NWO dan SY melakukan interpretasi data, menilai dan menyemak manuskrip. Semua pengarang telah membaca dan memberikan persetujuan terhadap versi akhir manuskrip.

RUJUKAN

- Ahmad, A., Kundu, A. & Dey, D. 2020. Wax glands ultrastructure and chemical composition of wax of giant mealybug *Drosicha stebbingii* (Green)(Hemiptera: Monophlebidae). *Journal of Asia-Pacific Entomology* 23(2): 546-553.
- Ayasha, A., Aditi, K. & Debjani, D. 2020. Wax glands ultrastructure and chemical composition of wax of giant mealybug *Drosicha stebbingii* (Green) (Hemiptera: Monophlebidae). *Journal of Asia-Pacific Entomology* 2: 546-553.
- Ammar, E.D., Alessandro, R.T. & Hall, D.G. 2013. Ultrastructural and chemical studies on waxy secretions and wax-producing structures on the integument of the woolly oak aphid *Stegophylla brevirostris* Quednau (Hemiptera: Aphididae). *Journal of Microscopy Ultrastructure* 1:43–50.
- Borkakati, R.N., Deka, M.K., Nath, B.C., Ganesh, B.M., Pradhan, P.P., Rahman, N., Paswan, R.P., Sharma, A.K. & Nath, D.C. 2024a. Mealybugs as invasive sucking pests: A review of identification and integrated management approaches *International Journal of Advanced Biochemistry Research* 8(9): 909-912.
- Borkakati, R.N., Deka, M.K., Nath, B.C., Ganesh, B.M., Pradhan, P.P., Rahman, N., Das, P., Sharma, A.K. & Barman, S. 2024b. Ecology and management of mealybugs in agriculture: A comprehensive overview. *International Journal of Advanced Biochemistry Research* 8(9): 531-533.
- Broadbent, L. 1951. Aphid excretion. *Proceedings of the Royal Entomology Society of London*. 26: 97-103.
- Buckner, J.S. 1993. Cuticular polar lipids of insects. In. Stanley-Samuelson, D.W. & Nelson, D.R. (eds.). *Insect Lipids: Chemistry, Biochemistry and Biology*, pp. 227-270. Lincoln: University of Nebraska Press.
- Buckton, G.B. 1876. *A Monograph of British Aphides*. London: The Ray Society.
- Cameron, D.W. & Drake, C.B. 1976. Coloring matters of Aphidoidea. XL. External wax of woolly apple aphid *Eriosoma lanigerum* (Hemiptera-Insecta). *Australian Journal of Chemistry* 29: 2713–2721.
- Chung, H. & Carroll, S.B. 2015. Wax, sex and the origin of species: Dual roles of insect cuticular hydrocarbons in adaptation and mating. *BioEssays* 37(7): 822-830.
- Cox, J.M. & Pearce, M.J. 1983. Wax produced by dermal pores in three species of mealybug (Homoptera:Pseudococcidae). *International Journal of Insect Morphology & Embryology* 12: 235-248.
- Davis, E.E. & Venette, R.C., 2004. Methyl bromide provides phytosanitary security: A review and case study for senegalese asparagus. *Plant Health Progress* 5(1): 11.

- Downie, D.A. & Gullan, P.J. 2004. Phylogenetic analysis of mealybugs (Hemiptera: Coccoidea: Pseudococcidae) based on DNA sequences from three nuclear genes, and a review of the higher classification. *Systematic Entomology* 29: 238–259.
- Foldi, I. & Pearce, M.J. 1985. Fine structure of wax glands, wax morphology and function in the female scale insect, *Pulvinaria regalis* Canard (Hemiptera: Coccidae). *International Journal of Insect Morphology Embryology* 14: 259–271.
- Gibbs, A.G. 1998. Water-proofing properties of cuticular lipids. *American Zoologist* 38(3): 471–482.
- Hashimoto, A. & Ueda, M. 1985. Coil form wax on the egg surface of *Drosicha corpulenta* Kuwana (Homoptera: Margarodidae). *Applied Entomology Zoology* 20: 92–93.
- Kumar, V., Tewari, S.K. & Datta, R.K. 1997. Dermal pores and wax secretion in mealybug *Maconellicoccus hirsutus* (Hemiptera, Pseudococcidae). A pest of mulberry. *Italian Journal of Zoology* 64(4): 307–311.
- Miller, D.R., Williams, D.J. & Hamon, A.B. 1999. Notes on a new mealybug (Hemiptera: Coccoidea: Pseudococcidae) pest in Florida and the Caribbean: The papaya mealybug, *Paracoccus marginatus* Williams and Granara de Willink. *Insecta Mundi* 13(3-4): 179–181.
- Saranum, M.M., Zainudin, M.Y., Shakhizal, M., Wahid, A., Zulkifli, N.I.M., Aishikin, S.N., Hamid, A., Rajab, A. & Jaapar, M.F. 2022. Kawalan perosak invasif asing koya betik *Paracoccus marginatus* menggunakan kaedah mesra alam. *Buletin Teknologi MARDI* 33: 3–13.
- Muratori, F., Ralec, A.L., Lognay, G. & Hance, T. 2006. Epicuticular factors involved in host recognition for the aphid parasitoid *Aphidius rhopalosiphii*. *Journal of Chemistry Ecology* 32(3): 579–593.
- Namadara, S., Uthandi, S., Rangasamy, A., Malaichamy, K., Venkatesan, M., Narayanan, M.B. & Murugaiyan, S. 2025. Comprehensive review of the microbial approach to mealybug management. *International Journal of Tropical Insect Science* 45(2): 465–486.
- Nelson, D.R., Freeman, T.P. & Buckner, J.S. 2000. Waxes and lipids associated with the external waxy structures of nymphs and pupae of the giant whitefly, *Aleurodicus dugesii*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology* 125(2): 265–278.
- Pope, R.D. 1979. Wax production by coccinellid larvae (Coleoptera). *Systematic Entomology* 4: 171–196.
- Pope, R.D. 1983. Some aphid waxes, their form and function (Homoptera: Aphididae). *Journal of Natural History* 17: 489–506.
- Puspitasari, M., Susilawati, S., Hapsari, A.D. & Harni, R. 2023. Mealybug (*Planococcus* spp. Hemiptera: Pseudococcidae) as a pest on plantation crops and its control techniques: A review. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 1133(1): 012032.

- Su, M., Tan, X., Yang, Q., Wang, J., Wan, F. & Zhou, H. 2016. Distribution of wax gland pores on the body surface and the dynamics of wax secretion of wooly apple aphid *Eriosoma lanigerum* (Hemiptera: Aphididae). *Entomological News* 126(2): 106-120.
- Takagi, S. 1990. Disc pores of Diaspididae: microstructure and taxonomic value (Homoptera: Coccoidea). *Insecta Matsumurana*. 44: 81–122.
- Tong, H., Li, Z., Ye, W., Wang, Y., Omar, M. A.A., Ao, Y. & Jiang, M. 2019. Male mating and female postmating performances in cotton mealybug (Hemiptera: Pseudococcidae): effects of female density. *Journal of Economic Entomology* 112(3): 1145-1150.
- Ülgentürk, S. & Wilhem, G. 2001. Wax exuding disc-pores of *Coccus hesperidum* L. *Parthenolecanium corni* Bouché and *Sphaerolecanium prunastri* (Fonscolombe) (Hemiptera: Coccidae). X International Symposium Scale Insect Studies, Padua, Italy.
- Ulusoy, S., Kahya, D., Bilgin, M.G. & Apalak, A., 2022. The effectiveness of wax secretion on chemical control in some mealybug species. *Journal of Asia-Pacific Entomology* 25(3): 101954.
- Unruh, C.M. & Gullan, P.J. 2008. Molecular data reveal convergent reproductive strategies in iceryine scale insects (Hemiptera: Coccoidea: Monophlebidae), allowing reinterpretation of morphology and a revised generic classification. *Systematic Entomology* 33: 8–50.
- Unruh, C.M. 2008. A taxonomic review of the Crypticerya species (Hemiptera: Coccoidea: Monophlebidae) of the southwestern United States and Mexico, including description of a new species from Baja California. *Zootaxa* 1759: 1–42.
- Wahyuningsih, E., Rauf, A. & Santoso, S. 2019. Biologi, neraca hayati, dan pemangsaan *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant (Coleoptera: Coccinellidae) pada *Paracoccus marginatus* Williams & Granara de Willink (Hemiptera: Pseudococcidae). *Jurnal Entomologi Indonesia* 16(1): 18-18.
- Zarkani, A., Nadrawati, D., Sunardi, T., Priyatiningsih, D.A., Ercan, C. & Kaydan, M.B. 2022. A First Record of Mealybug, *Planococcus bendovi* Williams (Hemiptera: Cocomorpha: Pseudococcidae) in Southeast Asia. *Serangga* 27(1): 188-198.
- Zarkani, A., Sunardi, T., Nadrawati, D., Ercan, C. & Kaydan, M.B. 2021. First record of the mealybug *Rastrococcus tropicasiaticus* Williams (Hemiptera: Pseudococcidae) in Indonesia. *Serangga* 26(3): 29-36.
- Zhang, Y., Xie, Y., Xue, J., Fu, X. & Liu, W. 2012. The structure of integument and wax glands of *Phenacoccus fraxinus* (Hemiptera: Coccoidea: Pseudococcidae). *Zoological Research* 33: 13–17.