

<https://doi.org/10.17576/serangga-2023-2803-15>

**PENGENALPASTIAN SENSILA PADA ALAT MULUT LARVA DAN DEWASA
KUMBANG PALMA MERAH, *Rhynchophorus ferrugineus*
(COLEOPTERA: DRYOPHTHORIDAE)**

[*SENSILLA IDENTIFICATION AT THE MOUTHPART OF THE RED PALM WEEVIL LARVAE AND ADULT, Rhynchophorus ferrugineus (COLEOPTERA: DRYOPHTHORIDAE)*]

Norzainih Jasmin Jamin¹ & Nurul Wahida Othman^{2,3*}

¹Program Pengurusan Perosak dan Penyakit,
Pusat Penyelidikan Tanaman Industri,
Ibu Pejabat MARDI,
43400 Serdang, Selangor.

²Pusat Sistemik Serangga,
Fakulti Sains dan Teknologi,
Universiti Kebangsaan Malaysia

³Jabatan Sains Biologi dan Bioteknologi,
Fakulti Sains dan Teknologi,
Universiti Kebangsaan Malaysia.

*Pengarang berutusan: wahida@ukm.edu.my

Hantar: 3 November 2023; Terima: 20 November 2023

ABSTRAK

Sensila merupakan organ deria penting yang membolehkan serangga menghasilkan tindakbalas terhadap rangsangan sekitarnya. Serangga invasif seperti Kumbang Merah Palma, *Rhynchophorus ferrugineus* atau lebih dikenali sebagai *Red Palm Weevil (RPW)*, menggunakan organ derianya bagi mencari perumah yang spesifik dari Famili Palmaceae untuk kelangsungan populasinya. Kajian terhadap sensilla amat penting bagi kefahaman terhadap kelakuannya. Oleh itu, kajian ini menumpukan kepada pengenalpastian sensila pada alat mulut larva dan serangga dewasa RPW dengan menggunakan mikroskop elektron pengimbas (SEM). Hasil kajian mendapati bahawa pada alat mulut larva RPW terdapat lima jenis sensila yang terbahagi kepada 12 subjenis berbeza. Jenis sensila tersebut dibezakan berdasarkan struktur morfologi luaran iaitu sensila trikoid, sensila *chaetica*, sensila *basiconica*, sensila *coeloconica* dan organ digitiform. Sensila trikoid-larva merupakan sensila yang paling banyak ditemui pada alat mulut larva RPW. Bagi organ sensila pada alat mulut RPW dewasa pula, sebanyak enam jenis sensila dengan 15 subjenis telah dikenalpasti iaitu sensila trikoid, sensila *chaetica*, sensila *basiconica*, sensila *coeloconica*, sensila *microtrichia*, dan sensila kampaniform. Daripada kesemua jenis sensila tersebut, organ digitiform hanya ditemui pada alat mulut larva manakala sensilla *mictorichia* dan sensilla *kampaniform* hanya ditemui pada alat mulut RPW dewasa. Sensila reseptor mekanikal adalah yang paling banyak ditemui pada larva RPW manakala pada kumbang RPW dewasa pula sensila reseptor kimia adalah yang terbanyak. Jenis, jumlah dan taburan sensila yang berbeza pada RPW larva dan dewasa menunjukkan fungsi dan keperluan yang berbeza di antara peringkat hidup tersebut. Kajian ini menyediakan maklumat asas bagi

pemahaman biologi dan kelakuan RPW yang boleh digunakan dalam merancang pengawalannya pada masa akan datang.

Kata kunci: Reseptor deria, ultrastruktur, elektron mikroskopi, tindakbalas serangga.

ABSTRACT

Sensilla is an important sensory organ in insects that allows insects to react to the stimuli of their surroundings. Invasive insects such as the red palm weevil (RPW), *Rhynchophorus ferrugineus* utilize its sensilla to find specific host plants from the Palmaceae family for the survival of its population. The study of the sensilla is crucial to understand its behavior. Therefore, this study focuses on the identification of sensilla at the mouthpart of the larvae and adult RPW insects using a scanning electron microscope (SEM). The study found that there are five types of sensilla that are divided into 12 different subtypes at the mouthpart of RPW larva. These types are distinguished by their external morphological structures namely trikoid sensilla, chaetica sensilla, basiconica sensilla, coeloconica sensilla and digitiform organs. The trikoid-larva sensilla is the most commonly found sensilla at the mouthpart of the RPW larva. For sensilla organs in the adult RPW mouthpart, six types of sensilla with 15 subtypes have been identified, namely trikoid sensilla, chaetica sensilla, basiconica sensilla, coeloconica sensilla, microtrichia sensilla, and kampaniform sensilla. Of all these sensilla types, the digitiform organs are found only in the larva mouth, whereas sensilla mictorichia and sensilla kampaniform are only found in adults. Mechanical receptor sensillas are most commonly found in RPW larvae whereas in adult RPW beetles chemical receptors are the most common. Different types, quantities, and displacements of sensilla in larvae and adult RPWs indicate different functions and requirements between such stages of life. This study provides basic information for understanding the biology and behavior of RPWs that can be used in designing their future conservation.

Keywords: Sense receptor, ultrastructure, electron microscopy, insect reaction.

PENGENALAN

Keupayaan serangga untuk mengesan input deria yang pelbagai adalah penentu utama dalam meningkatkan kualiti dan kelangsungan hidupnya. Sama seperti serangga lain, Kumbang Palma Merah, *Rhynchophorus ferrugineus* atau dikenali sebagai *Red Palm Weevil* (RPW) mendapatkan maklumat tentang persekitarannya melalui fungsi sistem sensori atau deria. Organ deria memainkan peranan penting dalam perkembangan, pertumbuhan dan penyelenggaraan pelbagai aspek fisiologi serangga begitu juga dalam interaksi ekologinya. Malahan bagi kes RPW, kaedah pengawasan dan teknik pengawalan yang biasa digunakan adalah berkonsepkan manipulasi tingkah laku berdasarkan organ olfaktori seperti perangkap feromon yang melibatkan bahan kimia sintetik dan penggunaan umpan makanan (Nurashikin-Khairuddin et al. 2022). Antara kaedah pengawalan lain adalah dengan menggunakan racun serangga seperti semburan Cypermethrin selain rawatan suntikan batang dengan menggunakan bahan kimia seperti Methamidophos atau Monocrotophos (DOA 2019). Akibat kesan buruk racun serangga pada kesihatan dan alam sekitar, kaedah kawalan menggunakan biopestisid menggunakan agen biologi seperti penggunaan bakteria, virus, nematod dan kulat telah mula diperkenalkan bagi mengawal serangga perosak ini (Wan Nurul 'Ain et al. 2018).

Bahan kimia dipersekitaran dapat dikesan menggunakan struktur sensori bernama sensilla yang terletak pada kutikel luar serangga. Struktur neuron sensori bersama dengan sel

pelindungnya disebut sebagai sensila ini berperanan sebagai reseptor mekanikal atau reseptor kimia (Nation 2022). Struktur sensori menukarkan pelbagai stimulus luaran dan dalaman kepada isyarat saraf yang dihantar ke sistem saraf pusat. Reseptor sensori ini mampu mengesan bau, perubahan suhu, getaran, kelembapan dan juga pergerakan mekanikal (Liu et al. 2013). Reseptor sensori biasanya dikelaskan kepada reseptor mekanikal, cahaya, kimia atau haba melalui beberapa kaedah berdasarkan struktur sensila tersebut (Seena et al. 2023). Reseptor mekanikal terletak pada pelbagai bahagian tubuh serangga untuk membantu penyelenggaraan tubuh dan apendaj badan serangga. Selain itu, sensila itu juga membantu serangga dalam mengesan kelajuan angin, sebagai organ timpanum, reseptor sentuhan ringkas dan sebagai pengesan getaran pada persekitaran. Reseptor suhu, reseptor kelembapan dan reseptor infra merah juga merupakan reseptor mekanikal. Dari segi morfologi pada kutikel serangga, reseptor mekanikal hadir dalam bentuk struktur sensila yang tidak mempunyai liang (Makarova et al. 2022).

Reseptor kimia pula boleh dibahagikan kepada reseptor olfaktori (bau) dan gustatori (rasa). Reseptor olfaktori membantu serangga untuk mengesan bau atau bahan kimia dalam udara. Reseptor ini biasanya hadir dalam bentuk sensila berliang banyak manakala reseptor gustatori pula biasanya hadir dalam bentuk rerambut atau pasak berliang satu. Menurut Nation (2022), reseptor olfaktori umumnya tertumpu pada bahagian antena serangga dan reseptor gustatori pula terletak pada bahagian palpa dan bahagian alat mulut yang lain dan adakalanya didapati pada bahagian tarsi serangga. Selain itu, terdapat juga reseptor kimia yang terletak pada bahagian ovipositor serangga betina yang membolehkannya memilih dan menilai tapak peneluran (Hao et al. 2023; Hamdy & Emam 2022). Beberapa jenis struktur sensila telah dikenalpasti untuk membantu pengelasan sensila secara umum berdasarkan morfologi. Antaranya ialah sensila *trikoid*, sensila *chaetica*, sensila *basiconica*, sensila *coeloconica*, sensila *kampaniform*, sensila *squamiformia*, sensila *styloconica* dan sensila *ampullacea* (Altner & Prillinger 1980; Nation 2008; 2022).

Maklumat tentang morfologi sensila alat mulut RPW amat penting untuk memahami potensi fungsinya dalam strategi pemakanan serangga perosak tersebut. Sensila yang berperanan dalam mendapatkan maklumat makanannya, menyalurkan maklumat tersebut untuk tindakan kelenjar liur. Melalui maklumat tersebut kelenjar liur menghasilkan rembesan dan melengkapkan proses pencernaan makanan. Maklumat seperti ini boleh dijadikan sebagai dasar untuk kajian lanjutan yang lebih mendalam ke arah pengawalan serangga RPW melalui perencanan organ penting yang membantu pemakanannya. Maklumat dari segi jenis dan morfologi organ deria pada dasarnya menyumbang kepada pemahaman fungsi struktur deria tersebut. Oleh itu, penyelidikan ini dijalankan untuk mengkaji ciri morfologi sensila pada alat mulut RPW larva dan dewasa.

BAHAN DAN KAEDAH KAJIAN

Sampel Kajian

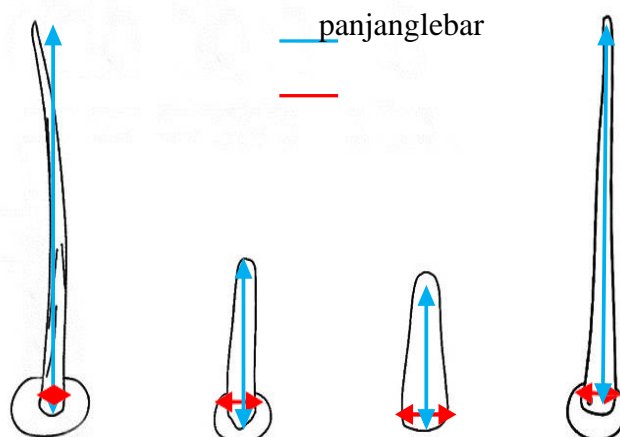
Sebanyak 50 sampel RPW yang terdiri daripada 20 larva dan 30 serangga dewasa telah digunakan dalam kajian morfologi sensila alat mulut. Sampel ini diperolehi melalui persampelan oleh Jabatan Pertanian Terengganu dari kawasan sekitar Kuala Terengganu dan dibawa pulang ke makmal di Pusat Sistemik Serangga untuk dibiakkan bagi kegunaan penyelidikan. Bagi sampel larva, hanya instar keenam dipilih untuk dijadikan sampel kajian ini kerana ia adalah antara fasa aktif dalam peringkat kitar hidup RPW.

Pemrosesan Sampel untuk Mikroskop Pengimbas Elektron (SEM)

Sampel alat mulut RPW larva dan dewasa yang telah dibedah dibersihkan dan ditetapkan di dalam larutan penimbal 4% Glutaraldehid semalaman. Sampel kemudiannya dibasuh dengan memasukkannya ke dalam larutan PBS (pH 7.5) selama 10 minit dan diulang sebanyak tiga kali. Sampel kemudiannya dinyahhidratkan di dalam satu siri larutan alkohol; 30%, 50%, 70%, 80%, 90% dan 100% selama 10minit bagi setiap larutan kecuali larutan 100% alkohol yang diulang sebanyak tiga kali. Seterusnya, sampel dikeringkan melalui proses pengeringan titik kritikal (*critical point drying*) di dalam mesin Leica EM CPD 300. Langkah ini penting untuk membuang kelembapan yang terdapat pada sampel tanpa merosakkan atau mengubah ciri-ciri pada spesimen. Sampel kemudiannya dilekapkan di atas puntung (stub) dengan menggunakan pita pelekat dua muka. Seterusnya sampel melalui proses penyalutan emas sebelum dicerap dengan menggunakan Mikroskop Pengimbas Elektron (SEM) ZEISS LEO 1450VP.

Pengukuran Morfometrik Sensila

Kesemua jenis sensila diukur dengan panjangnya bermula dari pangkal yang kelihatan hingga ke bahagian hujung. Ukuran lebar sensila pula diukur pada bahagian yang paling lebar, biasanya pada pangkal sensila tersebut.



Rajah 1. Ilustrasi pengukuran panjang dan lebar sensila pelbagai bentuk dan jenis sensila

Terminologi

Ciri-ciri dan terminologi sensila bergantung kepada morfologi luaran dengan merujuk kepada kriteria yang telah dibuat dan ditentukan oleh Nation (2008), Schneider(1964), Schneider & Steinbrecht (1968) dan Zacharuk (1980).

HASIL

Sensila Alat Mulut Larva RPW

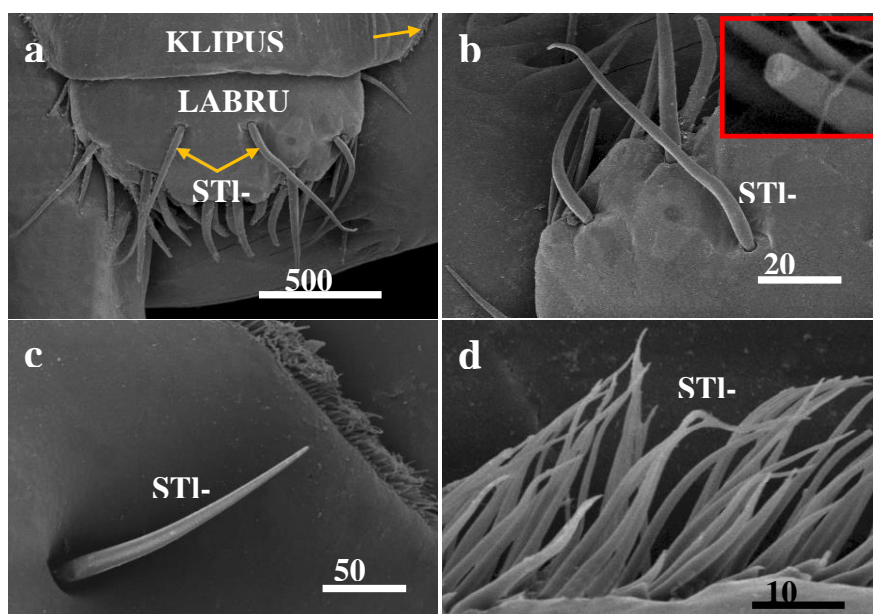
Hasil kajian pada alat mulut RPW larva menemukan lima jenis sensila yang terbahagi kepada 12 subjenis (Jadual 1). Jenis sensila tersebut dibezakan berdasarkan struktur morfologi luaran iaitu sensila *trikoid* (STI), sensilla *chaetica* (SCH1), sensilla *basiconica* (SBI), sensilla *coeloconica* (SCI) dan organ digitiform (OD). Berdasarkan saiz, pengukuran morfometrik menunjukkan sensilla SCH1 merupakan sensilla terpanjang dan terbesar berbanding yang lain manakala SBI merupakan sensilla terkecil pada alat mulut larva RPW.

Jadual 1. Data morfometrik sensila pada alat mulut RPW larva. Data menunjukkan min±sisihanpiawai (n=20)

Sensila	Lokasi	Subjenis	Panjang (µm)	Lebar (µm)
Sensila trikoid(STI)	Klipus, labrum dan epifarinks	STI-I	632.00±33.00	25.00±0.138
		STI-II	310.00±13.00	11.00±0.19
		STI-III	75.00±9.00	2.00±0.20
Sensila chaetica(SCHI)	Pangkal mandibel, klipus dan maksila	SCHI-I	1245±23.00	4.00±0.52
		SCHI-II	755±15.00	18.00±2.40
Sensila basiconica (SBI)	Palpa labium, palpa maksila danmala maksila	SBI-I	6.50±1.00	3.00±0.211
		SBI-II	12.00±2.00	5.00±1.16
		SBI-III	25.00±13.00	4.00±1.37
Sensila <i>coeloconica</i> (SCI)	Mandibel, labrum, labium dan maksila	SCI-I	54.00±4.30	10.20±0.99
		SCI-II	9.8±2.00	4.58±1.43
		SCI-III	14.00±1.57	10.13±0.88
Organ digitiform (OD)	Palpa maksila	OD	16.55±3.06	3.20±0.98

Sensila Trikoid-Larva (STI)

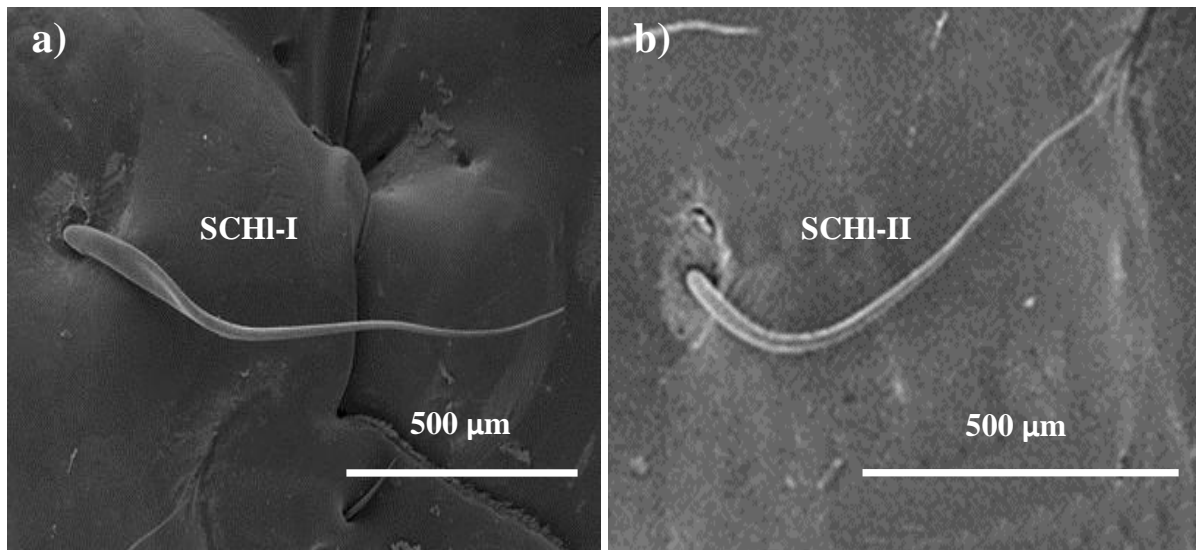
Sensila *trikoid*-larva (STI) merupakan sensila yang paling banyak ditemui pada alat mulut RPW larva. Struktur sensila *trikoid* pada alat mulut larva tersebut adalah seperti rerambut yang panjang dan terbahagi kepada tiga sub-jenis iaitu STI-I, STI-II dan STI-III dengan ukuran saiz dan kepanjangan yang berbeza di bawah jenis sensila ini (Rajah 2 a, b, c & d). Sub-jenis yang pertama (STI-I) adalah yang terpanjang di antara ketiga-tiga sub-jenis sensila *trikoid* dan kedua terpanjang bagi keseluruhan jenis sensila pada alat mulut RPW larva. STI-I mempunyai permukaan licin yang menjulur keluar daripada soket. Struktur STI-I mengecil dan membengkok pada bahagian distal (Rajah 2 a & b). STI-I banyak ditemui pada bahagian labrum dan maksila RPW larva. STI-II pula bersaiz lebih kecil dan pendek berbanding STI-I serta bahagian hujungnya tajam (Rajah 2 c). Sensila ini hadir berpasangan pada bahagian kliepus larva. STI-III mempunyai struktur yang hampir serupa dengan STI-II, akan tetapi saiznya jauh lebih kecil dan pendek (Rajah 2 d).



Rajah 2. Sensila *trikoid* pada alat mulut RPW larva a) kedudukan STI pada labrum dan klipus larva b) STI-I pada labrum kotak merah menunjukkan struktur liang pada bahagian hujung STI-I c) STI-II pada klipus d) STI-III pada lateral klipus

Sensila Chaetica-Larva (SCHI)

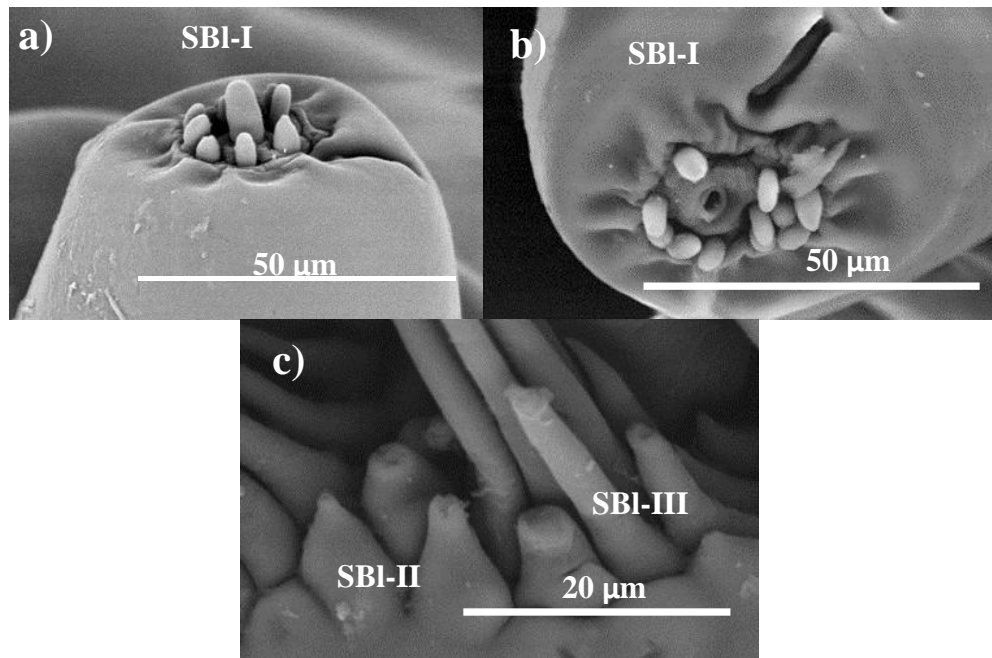
Sensila *chaetica*-larva (SCHI) merupakan sensila yang paling panjang pada alat mulut RPW larva. Strukturnya jauh lebih panjang dan meruncing berbanding ST pada alat mulut larva tersebut. Terdapat dua subjenis SCH yang ditemui pada alat mulut larva iaitu SCHI-I dan SCHI-II (Rajah 3). SCHI-I didapati pada pangkal mandibel manakala SCHI-II terletak pada klipus larva. SCHI-I adalah panjang berbanding SCHI-II, namun SCHI-II lebih lebar di bahagian pangkal berbanding SCHI-I. Dinding kedua-dua subjenis sensila tersebut halus dan licin tanpa penampakan struktur liang pada kedua-dua subjenis.



Rajah 3. Sensila *chaetica* pada alat mulut RPW larva (a) SCHI-I pada pangkal mandibel (b) SCHI-II pada klipeus

Sensila Basiconica-Larva (SBI)

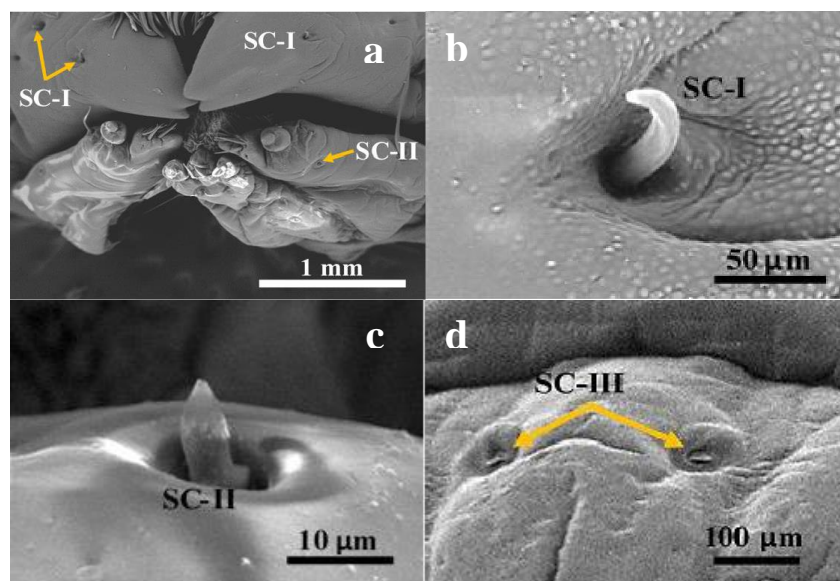
Sensila *basiconica*-larva (SBI) merupakan sensila berbentuk silinder seperti jejari atau rerambut seperti ST akan tetapi strukturnya adalah lebih kecil dan pendek. SBL terbahagi kepada tiga sub-jenis. Sub-jenis yang pertama (SBI-I) berstruktur seperti jejari pendek yang ditemui pada bahagian hujung palpa labium (Rajah 4 a) dan palpa maksila (Rajah 4 b). Sebanyak 11 hingga 13 SBI-I pelbagai saiz dijumpai pada apeks palpa labium dan 10 hingga 12 pada apeks palpa maksila. Sub-jenis kedua (SBI-II) dan ketiga (SBI-III) pula terdapat pada bahagian mala maksila (Rajah 4 c). SBI-II adalah pendek, berbentuk tiga segi dan menjulur keluar tanpa soket. SBI-III juga menjulur keluar tanpa adanya soket tetapi strukturnya lebih halus dan panjang berbanding SBI-II. Struktur sensila tersebut adalah berliang satu yang terletak pada bahagian hujung sensila (Rajah 4 c).



Rajah 4. Struktur sensila *basiconica* pada alat mulut RPW larva a) SBI-I pada palpa labium b) SBI-I pada palpa maksila c) SBI-II dan SBI-III pada mala maksila

Sensila Coeloconica-Larva (SCI)

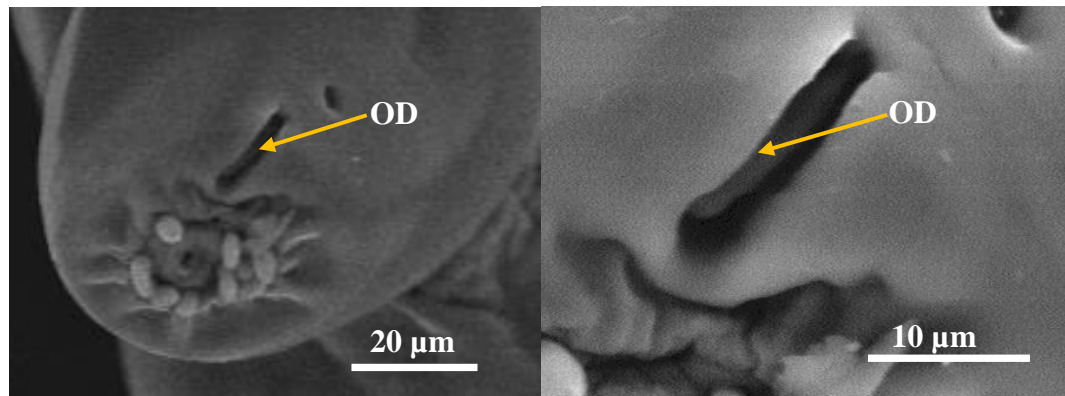
Sensila *coeloconica*-larva (SCI) merupakan sensila berstruktur pasak pendek yang terletak di dalam liang. Sensila ini mempunyai tiga sub-jenis berdasarkan saiz dan morfologinya (Rajah 5). SCI-I hadir secara berpasangan dengan strukturnya sedikit melengkung pada setiap struktur mandibel RPW larva (Rajah 5 b). SCI-II pula yang hadir pada struktur maksila mempunyai bentuk seperti kon pada bahagian hujungnya (Rajah 5 c). SCI-III juga mempunyai bentuk seperti kon tetapi strukturnya lebih leper berbanding SCI-II. Subjenis SCI-III hadir secara berpasangan pada bahagian dorsal struktur labrum (Rajah 5 d).



Rajah 5. Sensila *coeloconica* pada alat mulut RPW larva a) kedudukan sensila pada alat mulut larva b) SCI-I pada mandibel b) SCI-II pada maksila c) SCI-III pada labrum

Organ Digitiform

Organ digitiform (OD) ditemui pada permukaan lateral bahagian apeks palpa maksila. Sensila ini terdiri daripada seta panjang berhujung tumpul yang mengecil pada bahagian distal. Seta tersebut terletak rata atau horizontal di dalam struktur lubang berbentuk oval. Hujungnya yang tumpul menghadap ke arah apeks palpa maksila. Organ digitiform hadir secara tunggal pada setiap struktur palpa maksila (Rajah 6).



Rajah 6. Organ digitiform pada apeks palpa maksila RPW larva

Sensila Alat Mulut RPW Dewasa

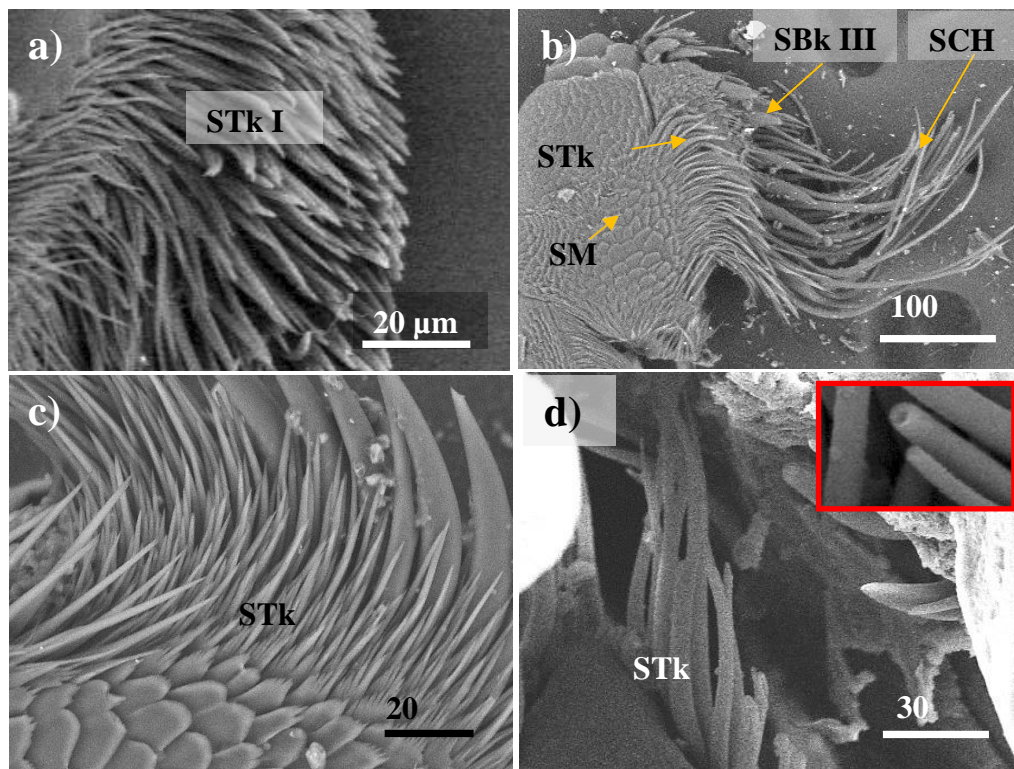
Hasil kajian terhadap organ sensila alat mulut RPW dewasa menemukan sebanyak enam jenis sensila yang terbahagi kepada 15 subjenis iaitu sensila *trikoid* (STk) dengan tiga subjenis, sensila *chaetica*, sensila *basiconica* (SBk) dengan empat subjenis, sensila *coeloconica* (SCK) dengan empat subjenis, sensila *microtrichia* (SM) yang terbahagi kepada dua subjenis dan sensila *kampaniform* (SCF). Morfometrik organ sensila pada alat mulut RPW dewasa ditunjukkan dalam Jadual 2 dengan SCHk sebagai sensila terpanjang dan terbesar yang boleh ditemui pada alat mulut dewasa RPW.

Jadual 2. Data morfometrik sensila pada alat mulut RPW dewasa. Bacaan menunjukkan min±sisihan piawai (n=30)

Sensila	Lokasi	Subjenis	Panjang (µm)	Lebar (µm)
Sensila (STk)	<i>trikoid</i> Pangkal mandibel, lasinia maksila dan labium	STk-I	13.0±1.00	1.00±0.14
		STk-II	45.0±11.0	4.00±0.19
		STk-III	151.0±30.0	6.00±0.20
Sensila (SCHk)	<i>chaetica</i> Lasinia maksila	SCHk	288.0±25.0	4.00±0.52
Sensila (SBk)	<i>basiconica</i> Palpa maksila, mala maksila dan palpa labium	SBk-I	15.0±1.00	2.00±0.11
		SBk-II	14.0±3.00	4.00±2.26
		SBk-III	62.0±11.0	16.0±2.00
		SBk-IV	4.00±0.86	2.00±0.08
Sensila (SCK)	<i>coeloconica</i> Rostrum, mandibel, labium	SCK-I	4.00±0.43	0.82±0.01
		SCK-II	7.00±2.00	0.84±0.10
		SCK-III	13.0±5.75	5.00±0.87
		SCK-IV	3.00±0.46	1.00±0.30
Sensila (SM)	<i>microtrichia</i> Pangkal mandibel dan pangkal maksila	SM-I	6.00±0.01	8.00±0.05
		SM-II	14.0±3.00	13.0±3.00
Sensila (SCF)	<i>kampaniform</i> Permukaan dalam mandibel	SCM	1.94±0.83	5.14±2.96

Sensila Trikoid-Kumbang (STk)

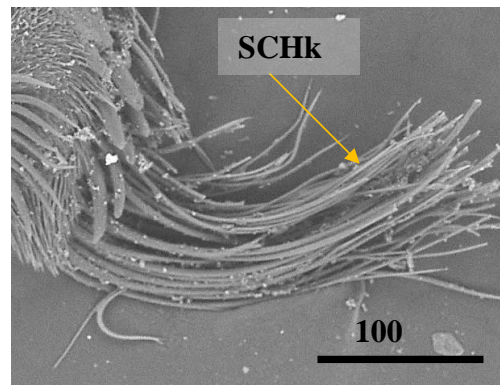
Struktur sensila *trikoid* pada alat mulut RPW dewasa adalah seperti rerambut yang panjang dan terbahagi kepada tiga sub-jenis iaitu STk-I, STk-II dan STk-III dengan ukuran saiz dan kepanjangan yang berbeza (Rajah 7). Sub-jenis yang pertama (STk-I) adalah yang terpendek di antara ketiga-tiga sub-jenis sensila tersebut pada alat mulut RPW dewasa. STk-I hadir dalam kelompok yang besar pada pangkal mandibel (Rajah 7 a) dan palpa maksila (9 b). Permukaan sensila ini licin tanpa penampakan liang. Struktur STk-I mengecil dan membengkok pada bahagian distal (Rajah 7 a). STk-II pula bersaiz lebih panjang daripada STk-I tetapi lebih pendek berbanding STk-III. Strukturnya tajam pada bahagian distal dan sensila ini hadir berkelompok pada lasinia maksila RPW dewasa (Rajah 7 b & c). STk-III merupakan subjenis yang paling panjang di antara ketiga-tiga subjenis STk. Sensila tersebut mempunyai struktur yang hampir serupa dengan STk-I, akan tetapi saiznya jauh lebih panjang dan hadir dalam sebaris pada labium kumbang perosak RPW. Sensila ini mempunyai satu liang terbuka di bahagian hujungnya (Rajah 7 d).



Rajah 7. Sensila *trikoid* pada alat mulut RPW dewasa a) STk-I pada mandibel b) dan c) STk-II pada maksila (d) STk-III pada labium kumbang RPW, kotak merah menunjukkan liang pada bahagian hujung sensila tersebut

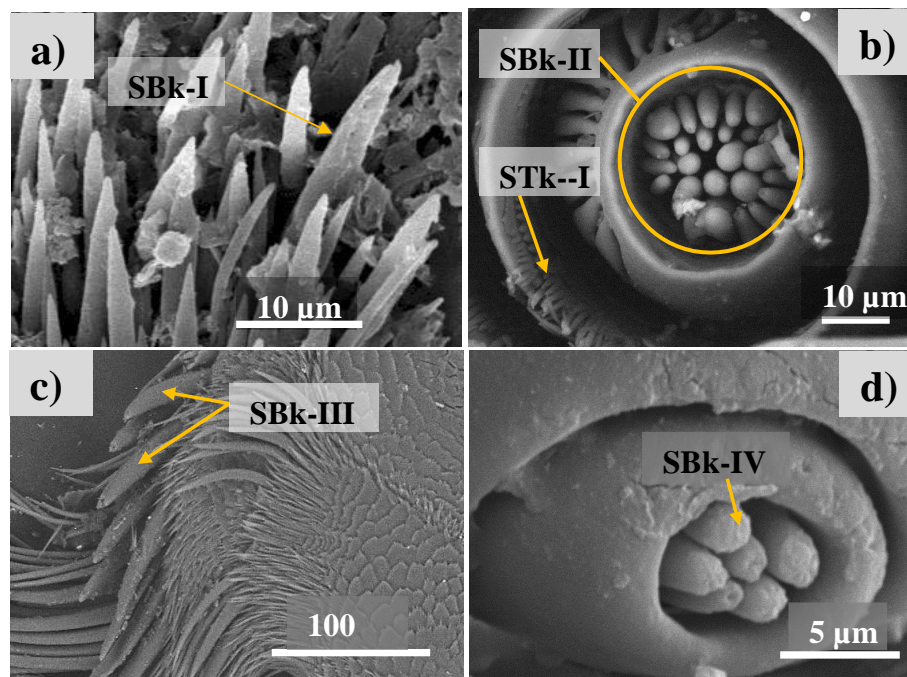
Sensila Chaetica-Kumbang (SCHk)

Sensila *chaetica*-kumbang (SCHk) merupakan sensila yang paling panjang pada alat mulut kumbang perosak RPW. Sensila jenis ini dijumpai terdiri dari satu subjenis sahaja pada alat mulut kumbang RPW dengan struktur yang panjang meruncing pada bahagian distal. SCHk ini didapati pada struktur lasinia maksila yang mengunjur ke dalam rongga mulut RPW dewasa (Rajah 8).

Rajah 8. Sensila *chaetica* pada struktur maksila RPW dewasa

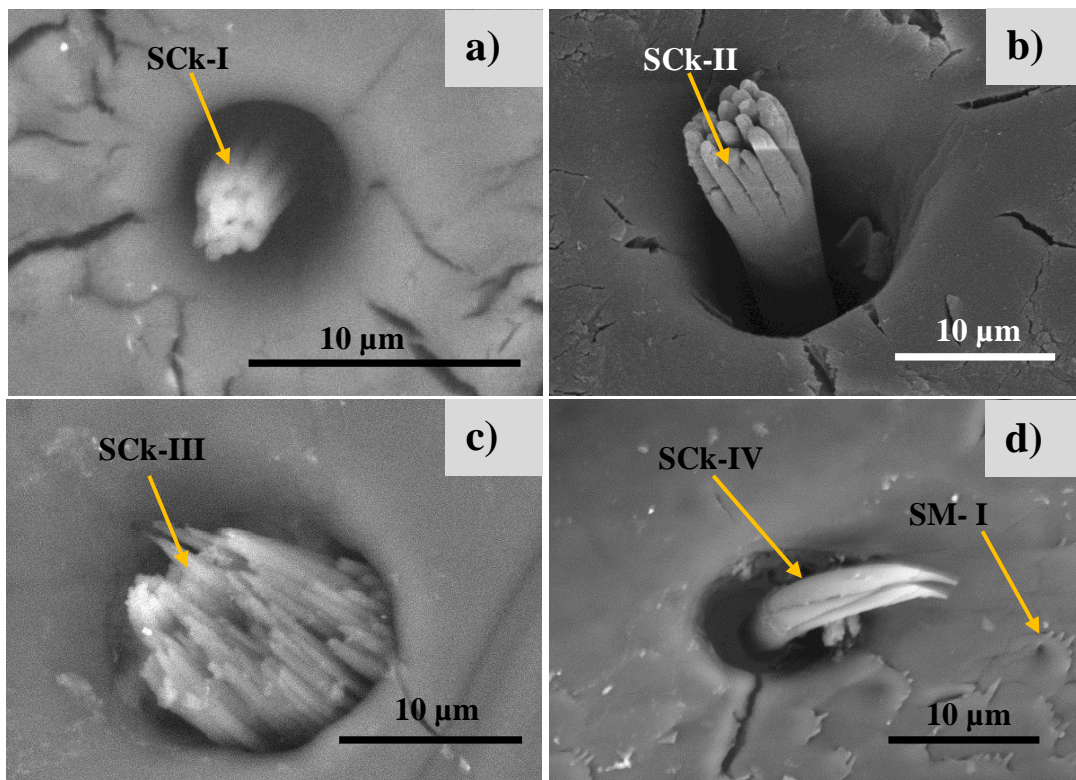
Sensila Basiconica-Kumbang (SBk)

Sensila *basiconica*-RPW dewasa (SBk) merupakan sensila berbentuk silinder seperti jejari atau pasak pelbagai saiz yang terbahagi kepada tiga sub-jenis. Sub-jenis yang pertama (SBk-I) berstruktur seperti pasak pendek yang hadir dalam kelompok yang besar pada bahagian pangkal mandibel (Rajah 9 a). Sub-jenis kedua (SBk-II) pula berbentuk seperti jejari yang didapati hadir dalam kumpulan iaitu dalam bilangan 21 hinggg 25 pada bahagian apeks palpa maksila (Rajah 9 b). SBk-III berbentuk seperti pasak seperti SBk-I tetapi saiznya jauh lebih besar. SBk-III didapati hadir pada struktur maksila RPW dewasa iaitu pada bahagian lasinia maksila (Rajah 9 c). SBk-IV yang terletak pada bahagian apeks palpa labium hadir dalam kumpulan iaitu dalam bilangan enam jejari (Rajah 9 d). SBk yang berbentuk jejari menunjukkan penampakan liang tunggal yang terletak pada bahagian hujung sensila tersebut manakala SBk yang hadir dalam bentuk pasak tidak menunjukkan penampakan liang pada strukturnya.

Rajah 9. Sensila *basiconica* pada alat mulut RPW dewasa (a) SBk-I pada pangkalmandibel (b) SBk-II pada palpa maksila (c) SBk-III pada pangkal maksila (d) SBk-IV pada palpa labium

Sensila *Coeloconica*-Kumbang (SCK)

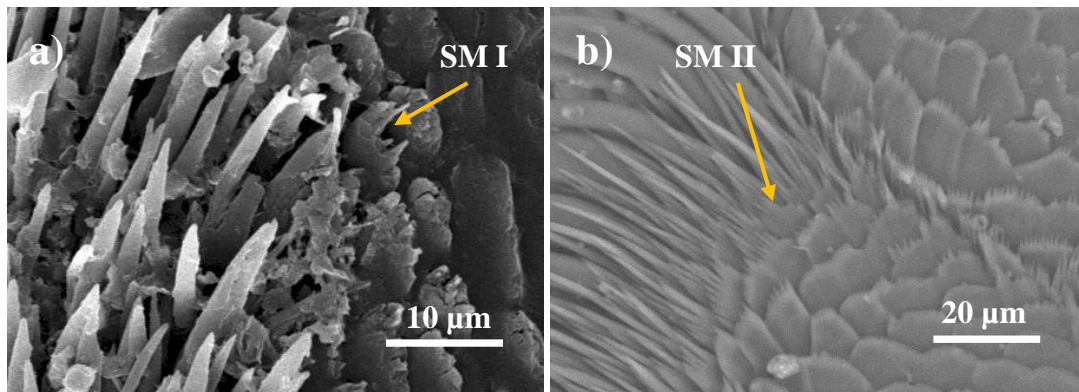
Sensila *coeloconica*-RPW dewasa (SCK) merupakan sensila berstruktur pasak pendek yang menjulur keluar di dalam liang. Sensila ini hadir berkelompok dan terbahagi kepada empat sub-jenis berdasarkan morfologinya (Rajah 10). SCK-I hadir dalam bilangan 15 hingga 18 pasak yang berkelompok dalam satu liang (Rajah 10 a). Bagi sub-jenis kedua (SCK-II) strukturnya juga menampilkan struktur pasak berkelompok namun berbeza daripada SCK-I, kelompok pasak tersebut berasal dari pangkal yang sama. Pangkal tunggal tersebut bercabang membentuk kelompok pasak yang banyak membentuk SCK-II (Rajah 10 b). Kedua-dua SCK-I dan SCK-II bertabur secara meluas pada struktur rostrum dan labium. Bagi SCK-III pula strukturnya hadir berkelompok seperti SCK-I namun dalam jumlah pasak yang lebih besar dan kepanjangan pasak yang berbeza-beza antara satu sama lain (Rajah 10 c). SCK-III bertabur secara meluas pada struktur rostrum. SCK-IV hadir dalam bentuk pasak yang bercabang seperti SCK-II tetapi dengan jumlah cabang yang lagi kecil iaitu di antara dua atau tiga struktur cabang sahaja (Rajah 10 d). Struktur SCK pada alat mulut adalah struktur sensila berpasak banyak kerana sifatnya yang hadir dalam kelompok.



Rajah 10. Sensila *coeloconica* (SCK) yang didapati pada struktur rostrum dan labium RPW dewasa a) SCK-I (b) SCK-II (c) SCK-III (d) SCK-IV

Sensila *Microtrichia*-Kumbang (SM)

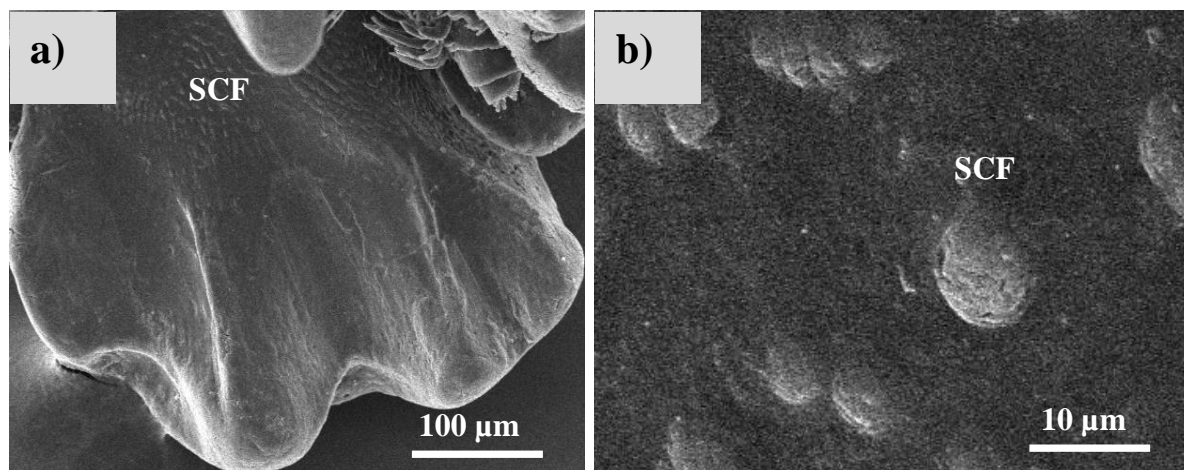
Sensila mikrotrichia (SM) merupakan sensila berbentuk seperti sisik yang mempunyaistruktur rerambut atau pasak pada bahagian distalnya (Rajah 11). Sensila ini didapati pada permukaan pangkal mandibel (SM-I) dan pangkal maksila terutamanya pada struktur stipes (SM-II). SM pada alat mulut RPW dewasa didapati hadir dalam pelbagai saiz dan struktur bentuk.



Rajah 11. Sensila mikrotrichia pada alat mulut RPW dewasa (a) SM-I pada pangkal mandibel (b) SM-II pada pangkal maksila

Sensila Kampaniform (SCF)

Sensila *kampaniform* merupakan sensila berbentuk kubah yang didapati pada bahagian sisi dalam mandibel RPW dewasa (Rajah 12 a & b). Sensila ini hadir dalam kelompok yang besar dengan taburannya yang tidak sekata pada mandibel tersebut. SCF didapati tertumpu terutamanya pada bahagian proksimal berbanding bahagian distal mandibel.



Rajah 12. Sensila *kampaniform* pada sisi dalam permukaan mandibel a) struktur mandibel yang mempunyai SCF pada permukaannya b) struktur SCF yang berbentuk kubah

PERBINCANGAN

Hasil kajian merekodkan sebanyak lima jenis sensila yang terbahagi kepada 12 subjenis morfologi pada alat mulut larva RPW iaitu sensila *trikoid* (STI), sensila *chaetica* (SCHl), sensila *basiconica* (SB1), sensila *coeloconica* (SCI) dan organ digitiform (OD). Penemuan pada alat mulut RPW dewasa pula merekodkan enam jenis sensila yang terbahagi kepada 15 subjenis morfologi. Lima daripada tujuh jenis sensila tersebut adalah jenis sensila yang didapati pada alat mulut larva iaitu sensila *trikoid* (STk), sensila *chaetica* (SCHk), sensila *basiconica* (SBk), sensila *coeloconica* (SCK) dan liang sensori (LSk), serta dua sensila lain iaitu sensila *microtrichia* (SM) dan sensila *kampaniform* (SCF). Daripada kesemua jenis sensila tersebut, OD hanya ditemui pada alat mulut larva manakala SM dan SCF hanya ditemui pada alat mulut RPW dewasa.

Sensila *trikoid* (ST) merupakan sensila yang paling banyak didapati pada alat mulut larva RPW. Sensila ini terdapat pada struktur klipus, labrum, maksila dan labium larva manakala pada serangga dewasa pula ST banyak ditemui pada bahagian pangkal mandibel, lasinia maksila dan labium. Berdasarkan lokasi taburan, ST didapati terletak kebanyakannya di antara dua sklerit yang banyak melibatkan pergerakan mekanikal. STI-II dan STI-III pada alat mulut larva terletak di antara sklerit klipus dan mandibel manakala STk-I dan STk-II pada RPW dewasa masing-masing terletak di antara sklerit mandibel dan rostrum serta maksila dan rostrum. Hal ini menunjukkan fungsinya sebagai reseptor mekanikal sebagaimana yang dilaporkan oleh Onagbola dan Fadamiro (2008). Selain itu, terdapat struktur ST yang menjulur keluar dari struktur apeks alat mulut seperti yang dapat diperhatikan pada bahagian labrum larva (STI-1) dan labium RPW dewasa (STk-III). Struktur sensila trikoidn (ST) pada kawasan tersebut berliang satu. Nation (2022) melaporkan ST berliang satu yang terletak berdekatan atau pada apeks struktur kutikel biasanya mempunyai reseptor gustatori atau reseptor deria rasa yang mengesan bahan kimia dalam larutan makanan. Reseptor gustatori adalah reseptor kimia yang berfungsi melalui mekanisme sentuhan. Ini menunjukkan bahawa, selain reseptor mekanikal ST pada RPW juga memainkan peranan sebagai reseptor kimia. Menurut Wee et al. (2016), dendrit reseptor mekanikal adakalanya berhubungkait dengan sensila yang menjalankan fungsi sebagai reseptor kimia melalui sentuhan. Hal ini seiring dengan kajian-kajian lepas yang melaporkan bahawa ST bukan sahaja berfungsi sebagai reseptor mekanikal tetapi juga terlibat dalam proses olfaktori (Keil 1999; Sneider 1964).

Bagi sensila *chaetica* (SCH) pula, strukturnya pada larva lebih pendek (SCHI-ISCHI-II) berbanding yang didapati pada alat mulut RPW dewasa (SCHk). SCHI-I dan SCHI-II pada larva terletak di ruang terbuka iaitu masing-masing pada pangkal mandibel dan pangkal maksila. SCHk pada RPW dewasa pula terletak pada bahagian lasinia maksila yang menjulur ke dalam rongga mulut. Pemerhatian mendapati tidak ada struktur liang yang jelas pada struktur-struktur SCH tersebut. Strukturnya yang panjang tanpa sebarang liang menunjukkan fungsinya sebagai sensila reseptor mekanikal yang membantu serangga RPW dalam penyenggaraan orientasi apendaj alat mulutnya sebagaimana yang dilaporkan oleh Faucheux (2013).

Sensila *basiconica* (SB) pada larva terletak pada apeks palpa maksila dan palpa labium (SBI-I) serta pada mala maksila (SBI-II dan SBI-III). Pada RPW dewasa sensila ini didapati pada pangkal mandibel (SBk-I), palpa maksila (SBk-II), lasinia maksila (SBk-III) dan palpa labium (SBk-IV). Setiap satu struktur SB yang terletak pada bahagian palpa maksila, palpa labium dan maksila larva (SBI-I dan SBI-II) serta palpa maksila dan palpa labium RPW dewasa (SBk-II dan SBk-IV) adalah berliang satu yang menunjukkan perannya sebagai reseptor kimia. Foster et al. (1983) melaporkan sensila berliang satu yang biasanya terletak pada apeks palpa alat mulut berperanan sebagai reseptor kimia. SB yang terletak pada struktur maksila larva (SBI- III) serta struktur maksila (SBk-III) dan mandibel (SBk-I) RPW dewasa didapati tiada penampakan liang pada strukturnya. Nation (2008; 2022) merekodkan struktur SB tanpa liang berfungsi sebagai reseptor suhu dan reseptor higo iaitu reseptor yang mengesan kelembapan.

Pada alat mulut RPW larva, sensila *coeloconica* (SC) didapati pada struktur mandibel (SCI-I), maksila (SCI-II) dan labrum (SCI-III). Struktur SC pada larva tidak berkelompok tetapi strukturnya hadir secara tunggal tanpa penampakan struktur liang yang jelas yang menyokong perannya sebagai reseptor yang mengesan suhu dan kelembapan sebagaimana yang dilaporkan oleh Gainett et al. (2017) dan Zacharuk (1980). Pada RPW dewasa pula, SC merupakan sensila yang paling banyak dan meluas taburannya iaitu pada struktur rostrum dan

labium yang membentuk struktur ventral rostrum kumbang tersebut. SC pada RPW dewasa hadir secara berkelompok dengan morfologi yang berbeza (SCk-I, SCk-II, SCk-III, SCk-IV) dan memperlihatkan banyak liang iaitu pada bahagian hujung strukturnya Liang pada struktur sensila tersebut menunjukkan peranannya sebagai reseptor olfaktori (Liu et al. 2021).

Organ digitiform merupakan struktur sensila yang hanya terdapat pada RPW larva. Sensila ini terletak pada permukaan lateral bahagian distal palpa maksila. Selain itu, ketiadaan struktur liang pada OD menunjukkan sensila ini tidak terlibat dalam respon olfaktori atau gustatori sebaliknya berperanan sebagai reseptor suhu, kelembapan dan karbon dioksida seperti yang dilaporkan dalam kajian terdahulu. Sensila jenis OD dilaporkan berperanan sebagai reseptor suhu, reseptor kelembapan dan reseptor karbon dioksida pada serangga (Eilers et al. 2012; Honomichl & Guse 1981; Keil 1996). Organ digitiform banyak dilaporkan hadir pada struktur maksila larva Coleoptera seperti kajian yang dibuat oleh Alekseev et al. (2006) terhadap 64 spesies kumbang daripada 22 famili. Kajiannya mendapati organ digitiform didapati hadir secara tunggal atau lebih pada permukaan lateral maksila dan adakalanya pada palpa labium.

Sensila *microtrichia* (SM) dan sensila *kampaniform* (SCF) adalah dua jenis sensila yang hanya terdapat pada alat mulut RPW dewasa. SM-I dan SM-II masing-masing ditemui pada permukaan pangkal struktur mandibel dan maksila. Kedudukan serta struktur SM yang tidak berliang menunjukkan sensila ini berperanan sebagai reseptor mekanikal. SM merupakan sensila yang paling banyak dilaporkan sebagai reseptor mekanikal pada antena serangga (Hull & Cribb 1997; Siddiqui et al. 2010). SCF pula adalah sensila berbentuk kubah yang banyak didapati pada bahagian permukaan dalam mandibel RPW dewasa. Sensila jenis ini dilaporkan menjalankan fungsi sebagai reseptor mekanikal melalui pengesanan tekanan dan gerakan pada kutikel (Nation 2008).

Melalui perbandingan yang telah dibuat, struktur sensila yang paling banyak terdapat pada alat mulut RPW larva ialah sensila yang berperanan sebagai reseptor mekanikal (STI-II, STI-III, SCHI-I, SCHI-II) dan reseptor suhu dan kelembapan (SBI- III, SCI-I, SCI-II, SCI-III). Selain itu, tiga jenis sensila (STI-I, SBI-I, SBI-II) yang didapati pada larva berperanan sebagai reseptor kimia dan satu jenis sensila (OD) berperanan sebagai reseptor karbon dioksida. RPW secara semulajadi tidak keluar ke permukaan dari dalam batang pokok perumah sepanjang peringkat larva dalam kitar hidupnya. Sensila mekanikal yang banyak ditemui pada alat mulut RPW larva membantunya sebagai reseptor mekanikal melalui sentuhan. Nation (2022) menjelaskan bahawa reseptor mekanikal berbentuk rerambut banyak didapati pada serangga yang menghabiskan sebahagian atau seluruh hidupnya dalam gelap seperti lebah, semut dan lipas.

Reseptor suhu dan kelembapan serta reseptor karbon dioksida pula membantu RPW larva menilai kualiti dan mengawasi perubahan persekitarannya di dalam batang pokok perumah. Reseptor tersebut juga dikelaskan sebagai reseptor mekanikal. Gödde dan Haug (1990) dan Altner and Loftus (1985) menyatakan serangga mempunyai keupayaan untuk bertindakbalas terhadap kehangatan, kelembapan dan udara sejuk melalui fungsi reseptor suhu dan kelembapan. Melalui input dari reseptor tersebut serangga mengawasi perubahan di persekitarannya. Reseptor kimia relatifnya kurang pada alat mulut RPW larva kerana larva tersebut secara semulajadi menetas di persekitaran yang tersedia dengan makanannya. Nation (2022) menyatakan bahawa kepentingan sensila kimia lebih jelas pada serangga pra- matang yang perlu bergerak mencari makanan sendiri berbanding kebanyakan larva yang memakan perumah yang menjadi tempat penelurannya.

Pada alat mulut RPW dewasa pula, sensila yang paling banyak didapati ialah sensila yang berperanan sebagai reseptor kimia iaitu STk-III, SBk-II, SBk-IV, SCk-I, SCk-II, SCk-III dan SCk-IV diikuti dengan sensila reseptor mekanikal iaitu STk-I, STk-II, SCHk dan SCF. Jenis sensila yang paling sedikit pula ialah sensila reseptor suhu dan kelembapan. Gillot (2005) melaporkan bahawa reseptor olfaktori dan gustatori pada sensila kimia berperanan dalam pengecaman dan penentuan lokasimakanan. Bagi RPW dewasa, reseptor kimia bukan sahaja membantu dalam pemakanannya tetapi juga dalam proses pembiakannya. Seperti kebanyakan serangga, reseptor olfaktori membantu RPW mencari pasangan untuk proses pembiakan. Malah, kumbang betina RPW juga menggunakan rostrumnya untuk menyediakan tempat peneluran yang sesuai dari segi kualiti sebagaimana yang direkodkan oleh (Malvardi & Lanteri 2005; Morimoto & Kojima 2003). Sensila suhu dan kelembapan tidak banyak didapati pada RPW dewasa kerana sifat semulajadi kumbang tersebut yang berkebolehan terbang menjadikannya kurang terjejas oleh faktor suhu dan kelembapan setempat sebagaimana faktor ini boleh menjejaskan kualiti hidup larva yang tidak mampu berpindah dari satu tempat ke tempat yang lain.

KESIMPULAN

Morfometrik dan pengenalanpastian jenis dan subjenis sensila alat mulut RPW larva dan dewasa telah berjaya diperincikan melalui kajian ini. Kajian ini telah menemukan lima jenis sensila utama pada alat mulut RPW larva iaitu STI, SCHI, SBI, SCl, dan OD manakala empat daripada jenis sensila tersebut juga didapati pada alat mulut RPW dewasa iaitu STk, SCHk, SBk dan SCk serta dua jenis sensila yang berbeza iaitu SM dan SCF. Sensila reseptor mekanikal adalah yang paling banyak terdapat pada RPW larva manakala pada kumbang dewasa pula sensila reseptor kimia adalah yang terbanyak. Jenis, jumlah dan taburan sensila yang berbeza pada RPW larva dan dewasa menunjukkan fungsi dan objektif yang berbeza di antara peringkat hidup tersebut. Kajian ini telah berjaya menyediakan data asas dan perbandingan bagi jenis organ sensila pada serangga invasif yang boleh digunakan bagi memahami kelakuan serangga perosak ini bagi tujuan langkah kawalan yang lebih berkesan pada masa akan datang.

PENGHARGAAN

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Bahagian Biosekuriti Tumbuhan, Jabatan Pertanian, Kementerian Pertanian dan Keterjaminan Makanan di atas kebenaran menjalankan penyelidikan terhadap sampel serangga invasif. Terima kasih juga diucapkan kepada pihak Jabatan Pertanian Terengganu kerana telah membantu dalam mendapatkan sampel bagi kajian ini. Setinggi penghargaan ditujukan kepada Kementerian Sains, Teknologi dan Inovasi (MOSTI) kerana menanggung perbelanjaan kajian ini melalui dana MOSTI, e-sciencefund, dengan kod geran 02-01-02-SF1135 dan juga Pusat Sistemik Serangga, Unit Elektron Mikroskopik, Fakulti Sains dan Teknologi, UKM atas kemudahan fasiliti dan alat bagi menjalankan penyelidikan ini.

PENGISYTIHARAN PENGARANG

Pernyataan Biaya

Kajian ini telah dijalankan dengan penajaan oleh dana MOSTI, E-Sciencefund dengan kod geran 02-01-02-SF1135.

Percanggahan Kepentingan

Penulis mengakui tiada percanggahan kepentingan dalam kajian yang dijalankan.

Penyataan Etika

Tiada isu etika yang terkait dengan kajian ini. Kajian terhadap serangga dibawah senarai spesies invasif asing telah dipohon dan dibenarkan oleh Bahagian Biosekuriti, Jabatan Pertanian, Kementerian Pertanian dan Keterjaminan Makanan Malaysia.

RUJUKAN

- Alekseev, M.A., Sinitsina, E.E. & Chaika, S.Y. 2006. Sensory organs of the antennae and mouthparts of beetle larvae (Coleoptera). *Entomological Review* 86: 638-648.
- Altner, H. & Prillinger, L. 1980. Ultrastructure of invertebrate chemo-, thermo and hygroreceptors and its functional significance. *International Review of Cytology* 67: 69-139.
- Altner, H. & Loftus, R. 1985. Ultrastructure and function of insect thermo-and hygroreceptors. *Annual Review of Entomology* 30(1): 273-295.
- DOA. 2019. *Report on Current Status of Attack of the Red Palm Weevil, Rhynchophorus ferrugineus in Terengganu*; Department of Agriculture Malaysia: Kuching, Malaysia.
- Eilers, E.J., Talarico, G., Hansson, B.S., Hilker, M. & Reinecke, A. 2012. Sensing the underground—ultrastructure and function of sensory organs in root-feeding *Melolontha melolontha* (Coleoptera: Scarabaeinae) larvae. *PloS one* 7(7): e41357.
- Faucheux, M.J. 2013. Sensillum types on the proboscis of the Lepidoptera: A review. *Annales de la Société entomologique de France* 49(1): 73-90.
- Foster, S., Goodman, L.J. & Duckett, J.G. 1983. Ultrastructure of sensory receptors on the labium of the rice brown planthopper. *Cell and Tissue Research*. 230(2): 353-366.
- Gainett, G., Michalik, P., Müller, C.H., Giribet, G., Talarico, G. & Willemart, R.H. 2017. Putative thermo/hygroreceptive tarsal sensilla on the sensory legs of an armored harvestman (Arachnida, Opiliones). *Zoologischer Anzeiger* 270: 81-97.
- Gillot, C. 2005. *Entomology*. Edisi Ke-3. Netherlands: Springer.
- Gödde, J. & Haug, T. 1990. Analysis of the electrical responses of antennal thermo-and hygroreceptors of *Antheraea* (Saturniidae, Lepidoptera) to thermal, mechanical, and electrical stimuli. *Journal of Comparative Physiology* 167: 391-401.
- Hamdy, N.M. & Emam, A.K. 2022. Comparative morphogenesis of ovipositor sensilla between the *Leptocybe invasa* and *Ophelimus maskelli* (Hymenoptera: Eulophidae) and its relationship to their vital capacity. *Egyptian Academic Journal of Biological Sciences, D. Histology & Histochemistry* 14(2): 105-117.
- Hao, E., Liu, R., Xu, R., Lu, P. & Qiao, H. 2023. Morphology and location of sensilla in the antennae and ovipositor of *Sirex noctilio* (Hymenoptera: Siricidae). *Arthropod Structure & Development* 73: 101252.
- Honomichl, K. & Guse, G.W. 1981. Digitiform sensilla on the maxillar palp of coleoptera: III. Fine structure in *Tenebrio molitor* L. and *Dermestes maculatus* De Geer. *Acta Zoologica* 62(1): 17-25.

- Hull, C.D. & Cribb, B.W. 1997. Ultrastructure of the antennal sensilla of Queensland fruit fly, *Bactrocera tryoni* (Froggatt) (Diptera: Tephritidae). *International Journal of Insect Morphology and Embryology* 26(1): 27-34.
- Keil, T.A. 1999. Morphology and development of the peripheral olfactory organs. Dlm. Hildebrand, J.G. (penyunting). *Insect olfaction*, pp. 5-47. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Keil, T.A. 1996. Sensilla on the maxillary palps of *Helicoverpa armigera* caterpillars: in search of the CO₂-receptor. *Tissue and Cell* 28(6): 703-717.
- Liu, Z., Hu, T., Guo, H.W., Liang, X.F. & Cheng, Y.Q. 2021. Ultrastructure of the olfactory sensilla across the antennae and maxillary palps of *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae). *Insects* 12(4): 289.
- Liu, X.H., Zhang, M., Shi, J.N., Li, K. & Zhang, D. 2013. Ultrastructure of antennal sensilla of a parasitoid fly, *Pales pavidus* Meigen (Diptera: Tachinidae). *Micron* 54: 36-42.
- Makarova, A.A., Diakova, A.A., Chaika, S.Y. & Polilov, A.A. 2022. Scaling of the sense organs of insects. 2. Sensilla. Discussion. Conclusion. *Entomological Review* 102(3): 323-346.
- Morimoto, K. & Kojima, H. 2003. Morphologic characters of the weevil head and phylogenetic implications (Coleoptera, Curculionidae). *ESAKIA*. 43: 133-169.
- Nation, J.L. 2008. *Insect Physiology and Biochemistry*. Edisi Ke-2. Boca Raton Florida: CRC Press Taylor & Francis.
- Nation, J.L. 2022. *Insect Physiology and Biochemistry*. Edisi Ke-4. Boca Raton Florida: CRC Press Taylor & Francis.
- Nurashikin-Khairuddin, W., Abdul-Hamid, S.N.A., Mansor, M.S., Bharudin, I., Othman, Z., & Jalinas, J. 2022. A review of entomopathogenic nematodes as a biological control agent for red palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* (Coleoptera: Curculionidae). *Insects* 13(3): 245.
- Onagbola, E.O. & Fadamiro, H.Y. 2008. Scanning electron microscopy studies of antennal sensilla of *Pteromalus cerealellae* (Hymenoptera: Pteromalidae). *Micron* 39(5): 526-535.
- Schneider, D. 1964. Insect antennae. *Annual review of entomology* 9(1): 103-122.
- Schneider, D. & Steinbrecht, R.A. 1968. Checklist of insect olfactory sensilla. Symposium of the Zoological Society of London. 23: 279-97.
- Seenaa, S., Anand, P.P. & Shibu Vardhanan, Y. 2023. Morphology, ultrastructure and sexual dimorphism in antennal sensilla of *Belionota prasina* (Thunberg, 1789) (Coleoptera, Buprestidae). *Journal of Insect Biodiversity and Systematics* 9(4): 663-678.
- Siddiqui, M.I., Mashaly, A.M., Ahmed, A.M., Al-Mekhlafi, F.A. & Al-Khalifa, M.S. 2010.

Ultrastructure of antennal sensillae of the samsum ant, *Pachycondyla sennaarensis* (Hymenoptera: Formicidae). *African Journal of Biotechnology* 9(41): 6956-6962.

Wan Nurul 'Ain, W.M.N., Nurul Wahida, O., Yaakop, S. & Norefrina Shafinaz, M.N. 2018. Morphology and histology of reproductive organ and first screening of *Wolbachia* in the ovary of Red Palm Weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* (Coleoptera: Dryophthoridae). *Serangga* 23(2): 183-193.

Wee, S.L., Oh, H.W. & Park, K.C. 2016. Antennal sensillum morphology and electrophysiological responses of olfactory receptor neurons in trichoid sensilla of the diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae). *Florida Entomologist* 99: 146-158.

Zacharuk, R.Y. 1980. Ultrastructure and function of insect chemosensilla. *Annual Review of Entomology* 25: 27-47.