

Morfologi Struktur Halus Organ Deria-elektro (Ampullae of Lorenzini) Ikan Yu *Carcharhinus melanopterus*, *C. limbatus* dan *Chiloscyllium griseum*

(Morphology of Electrosensory Fine Structure Organ (Ampullae of Lorenzini) of Shark Fishes *Carcharhinus melanopterus*, *C. limbatus* and *Chiloscyllium griseum*)

M. NOR-FAZILLA, A. SAMAT* & A.G. MAZLAN

ABSTRAK

Satu penyelidikan telah dijalankan untuk mengesan struktur halus organ deria-elektro (Ampullae of Lorenzini) pada *Carcharhinus melanopterus*, *C. limbatus* dan *Chiloscyllium griseum*. Organ ini amat peka terhadap beberapa bentuk rangsangan terutamanya untuk mengesan kedudukan mangsa, penentuan arah dan mengawan. Di dalam makmal, suatu bahagian organ deria ini dipisahkan daripada lapisan dermis kepala ikan yu. Pemerhatian dan pengambilan imej struktur organ deria telah dibuat menggunakan mikroskop elektron imbasan (SEM). Imej-imej yang diperoleh jelas menunjukkan organ deria pada *Carcharhinus melanopterus*, *C. limbatus* dan *Chiloscyllium griseum* berbentuk ampulari terkumpul di dalam kluster. Saluran-saluran deria yang menghubungkan ampula dengan pori didapati mempunyai orientasi panjang dan susunan yang berbeza-beza pada spesies yang berlainan.

Kata kunci: Ampula; ikan yu; struktur organ deria

ABSTRACT

A study was carried to observe the morphology of electrosensory fine structure organ (Ampullae of Lorenzini) of Shark Fishes *Carcharhinus melanopterus*, *C. limbatus* and *Chiloscyllium griseum*. This organ is very sensitive to several kinds of stimulus especially with regard to prey location, direction and mating. In the laboratory, a section where the sensory organ can be found was isolated from dermis layer of the sharks's head. A scanning electron microscope (SEM) was used to observe and produce images of the sensory organ. Images that were obtained from *Carcharhinus melanopterus*, *C. limbatus* and *Chiloscyllium griseum* were in the form of cluster. Sensory canals connecting the ampullae and the pores were found to be different in length and arrangement for different species.

Keywords: Ampullae; sensory organ structure; shark fishes

PENDAHULUAN

Deria-elektro adalah kebolehan biologi untuk mengesan denyutan (impuls) elektrik. Organ deria-elektro amat peka kepada medan elektrik lemah dan ia telah muncul semenjak di peringkat awal evolusi haiwan invertebrata. Penerimaan medan elektrik yang lemah memainkan peranan penting terhadap kebanyakan haiwan vertebrata akuatik. Medan elektrik ini digunakan dalam pelbagai aktiviti termasuklah pengesanan mangsa, komunikasi sosial dan juga pemanduan arah (Bullock 1982; Bullock & Heiligenberg 1986). Terdapat dua jenis organ deria-elektro dalam haiwan iaitu struktur yang berbentuk ampulla dan tiub. Ikan yu mempunyai ratusan organ deria yang dikenali sebagai *Ampullae of Lorenzini* yang amat peka terhadap medan elektrik (Kaljmin & Bennet 1971).

Kajian yang dilakukan oleh Murray (1960) menunjukkan bahawa ampula-ampula ini berkebolehan untuk mengesan perubahan potensi elektrik dan perubahan medan elektrik antara kawasan persekitaran dengan permukaan dasar sel-sel reseptor. Kajian oleh Kaljmin (1988) pula membuktikan kebolehan organ deria ini untuk

mengukur kekuatan tenaga kinetik-elektrik yang dihasilkan oleh haiwan yang bergerak.

Ampullae of Lorenzini pada ikan yu terletak dalam bentuk gugusan atau kluster dan bilangannya berbeza mengikut spesies yang berlainan (Bodznick & Boord 1986). Saluran yang menyambungkan lapisan epithelium organ deria dengan persekitaran mempunyai panjang dan orientasi yang berbeza-beza. Saluran ini mempunyai mukus yang sangat peka terhadap medan elektrik walaupun sangat lemah.

Sebagai contoh, *Sphyrna lewini* (ikan yu tukul) mempunyai bilangan ampula terbanyak berbanding ikan bertulang rawan yang lain (Bodznick & Boord 1986). Ciri tersebut memberikan ikan yu jenis ini liputan yang lebih luas dan meningkatkan kemungkinan berhadapan dengan mangsa yang menghasilkan medan elektrik (Compagno 1984). Hipotesis deria-elektro menganggap *Sphyrna* mempunyai kelebaran kepala yang lebih besar berbanding *Chacharhinid* yang sama saiz dengannya dan meramalkan *Sphyrna* mempunyai bilangan pori yang lebih banyak atau mempunyai ketumpatan pori yang lebih tinggi (Kajiura 2000).

Ampula-ampula juga mempunyai bentuk yang pelbagai. Contohnya, ikan pari elektrik *Torpedo* sp. mempunyai bentuk ampula ringkas yang juga dikenali sebagai ampula ringkas. Bentuk organ deria dalam ikan yu daripada genus *Hexanchus* pula terdiri daripada beberapa ampula ringkas yang membentuk datu gugusan atau kumpulan yang dipanggil sebagai himpunan ampula (Jorgenson 2005).

Pemahaman asas tentang struktur dan anatomi organ deria ini dapat dijadikan sumber penting dalam memahami mekanisme deria-elektro dan kepekaan-elektro pada ikan yu. Spesies yang berlainan menunjukkan kepelbagaian daripada segi bilangan reseptor dan taburannya berdasarkan kepada habitat dan jenis pemakanan, bukan berdasarkan kedudukan taksonomi.

Melalui penyelidikan ini, struktur dan morfologi organ deria *Ampula of Lorenzini* boleh dikenal pasti dan dipelajari berdasarkan imej yang diperoleh menggunakan mikroskop elektron. Kajian ini dapat dijadikan tapak asas dan memberi galakan kepada para penyelidik untuk membuat penambahbaikan terhadap kajian tentang sistem deria pada ikan yu pada masa hadapan.

BAHAN DAN KAEDAH

PENGUMPULAN DAN PENGURUSAN SAMPEL

Sampel diperoleh daripada nelayan pukat tunda yang beroperasi di perairan Pahang dan Johor timur. Sampel terlebih dahulu dicamkan identiti mereka dan dasingkan mengikut kumpulan tertentu berdasarkan kepada ciri morfologi luaran mereka. Di makmal, bahagian kepala ikan dipotong, iaitu daripada bahagian bukaan insang yang pertama hingga ke muncung. Bahagian tersebut kemudiannya dibersihkan dan disimpan pada suhu 5°C untuk mengekalkan kesegarannya tanpa sebarang bahan atau larutan pengawet seperti formaldehid atau etanol. Ini untuk memastikan supaya tidak berlaku pengecutan sel akibat kehadiran bahan pengawet. Organ sensori diekstrak daripada empat bahagian, iaitu di kanan dan kiri kepala, atas dan bawah muncung kerana pada bahagian-bahagian ini terdapatnya kepadatan pori yang tinggi berbanding bahagian lain.

PENYEDIAAN SLAID SPESIMEN

Lapisan dermis yang mengandungi pori-pori tadi diekstrak untuk mendapatkan satu hirisan nipis berketebalan lebih kurang 3-5 mm. Seterusnya, bahagian-bahagian tersebut dipotong kepada ukuran 1 cm \times 1 cm dan dibilas dengan air suling. Proses pertama yang dijalankan dalam penyediaan slaid spesimen dikenali sebagai penyediaan asas. Potongan-potongan kecil sampel diawet dalam larutan Gluteraldehyde selama 24 jam pada suhu 4°C untuk mengekalkan struktur organ sensori tersebut serta mengelakkan ia daripada rosak.

Seterusnya, sampel dibilas dengan larutan 0.1 M penimbal fosfat (pH7.4) sebanyak tiga kali dengan

masa 10 min bagi setiap bilasan. Sampel kemudian dihidrasi menggunakan larutan acetone bersiri. Pada permulaannya, sampel direndam dalam larutan acetone 35% dan 50%, masing-masing selama 10 min dan seterusnya dalam larutan acetone 75% selama 24 jam. Setelah itu sampel dipindahkan ke dalam larutan acetone 95% selama 10 min. Akhir sekali, sampel ini direndam dalam larutan acetone 100% sebanyak tiga kali salinan, masing-masing selama 15 min.

PENELITIAN DI BAWAH MIKROSKOP PENGIMBAS ELEKTRON (SEM)

Sebelum penelitian di bawah SEM model Phillips XL30, pengeringan tahap kritikal dilakukan ke atas sampel selama 30 min. Sampel kemudiannya diletakkan di atas stub lalu proses penyaduran emas dijalankan bagi menghalang pengumpulan cas-cas statik elektrik ke atas sampel ketika penyahidrasi berlangsung.

HASIL DAN PERBINCANGAN

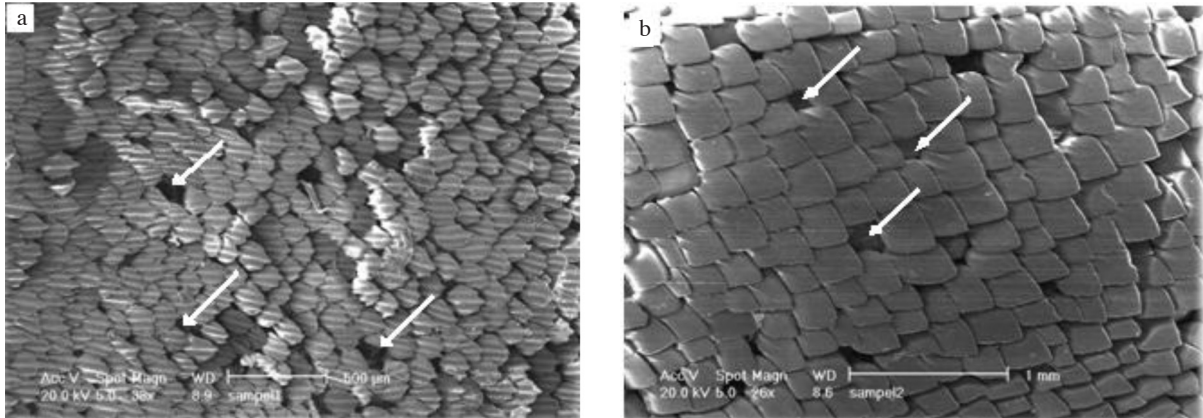
TABURAN PORI-PORI

Rajah 1 menunjukkan taburan pori-pori yang diperoleh daripada dua spesies ikan yu yang berbeza iaitu *Carcharhinus limbatus* dan *Chiloscyllium griseum*. Daripada imej yang diperoleh, dapat dipastikan bahawa pori-pori yang terdapat pada kulit ikan yu tertabur secara rawak dalam kelompok dan setiap satunya mempunyai saiz yang berbeza.

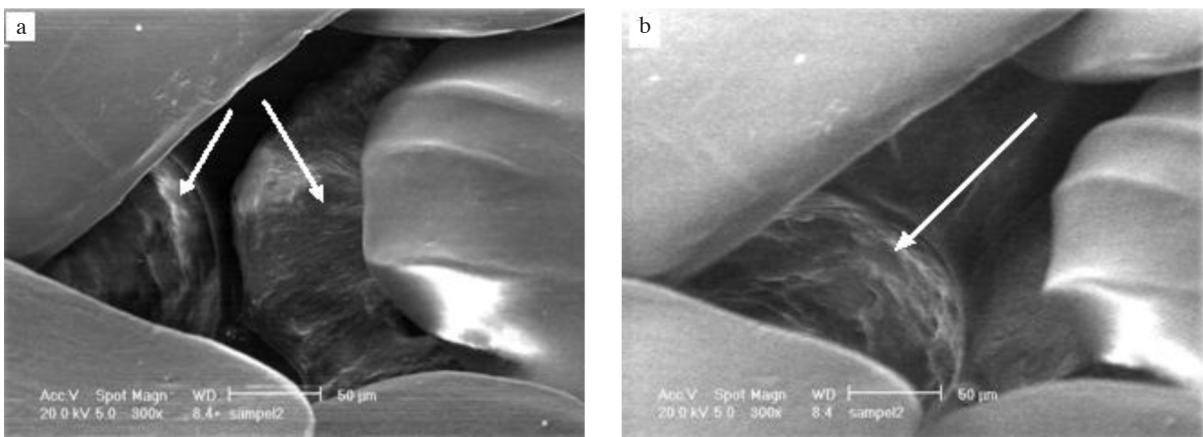
Taburan pori-pori di kepala ikan yu adalah hampir sama pada kebanyakan spesies. Bilangan pori adalah kekal dengan peningkatan usia ikan yu (Kajiura 2000). Jumlah pori yang banyak menunjukkan kepadatan ampula yang tinggi. Bentuk kepala *Sphynid* (yu tukul) memberikan kelebihan kepada spesies ini dalam kebolehan elektreseptik berbanding *Carcharhinid* (yu kepak hitam).

Pembahagian pori dipelihara pada dua genera iaitu *Carcharhinus* dan *Sphyna*, disamping masih membenarkan sesetengah kelonggaran berdasarkan ekologi spesies ikan yu. *Sphynid* mempunyai bilangan pori yang lebih banyak di bahagian bawah kepala, manakala *Carcharhinid* mempunyai taburan pori yang sama di bahagian atas dan bawah kepala (Kajiura 2000). Taburan pori-pori yang tinggi menunjukkan resolusi spatial yang baik yang membolehkan ikan yu untuk mengenal pasti lokasi rangsangan elektrik berhampiran dengan permukaan badan (Raschi 1978).

Bukaan salur pori-pori pada ikan yu yang menerima rangsangan dan stimulasi daripada persekitaran adalah seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2(a) & 2(b)). Bukaan ini menghubungkan pori dengan ampula melalui saluran-saluran yang berisi gel-gel polisakarida. Melalui bukaan ini, stimulasi yang diterima akan dihantar untuk dikenal pasti di ampula melalui jaringan saluran-saluran.



RAJAH 1. Rajah ini menunjukkan bukaan pori-pori pada permukaan dermis *Carcharhinus limbatus* (a) dan *Chiloscylidium griseum* (b) masing-masing dicerap pada saiz imej 500 µm dan 1000 µm



RAJAH 2. Imej SEM a dan b bersaiz 50 µm ini menunjukkan bukaan saluran tunggal atau lebih organ deria yang terletak di bahagian dalam pori pada *Chiloscylidium griseum*

SALURAN ORGAN DERIA

Saluran-saluran organ deria pada ikan yu mempunyai kedudukan dan orientasi yang berbeza pada individu yang sama (Rajah 3(a) & 3(b)).

Saluran-saluran yang berisi gel polisakarida ini menghantar isyarat elektrik dari pori ke ampula (Obara & Bennet 1973; Waltman 1966). Waltman (1966) menyifatkan saluran-saluran ini bertindak seperti kabel-kabel yang menunjukkan bahawa voltan yang tertinggi di permukaan pori akan dipindahkan ke ampula pada masa-masa tertentu, bergantung kepada parameter saluran tersebut. Beliau juga menganggarkan satu isyarat yang mempunyai karakter yang tertentu, bergantung kepada panjang saluran secara semula jadi. Saluran yang panjang akan memberikan respon pada frekuensi yang rendah, manakala saluran yang lebih pendek akan memberikan respon pada frekuensi yang lebih tinggi.

Terdapat gel yang mengisi ruang pada saluran-saluran yang menghubungkan pori dengan ampula. Setiap saluran ini mengandungi bahan mukopolisakarida yang bertindak sebagai konduktor penghantaran denyutan kepada ampula. Polimer-polimer dalam hidrogel dikenal pasti memberi

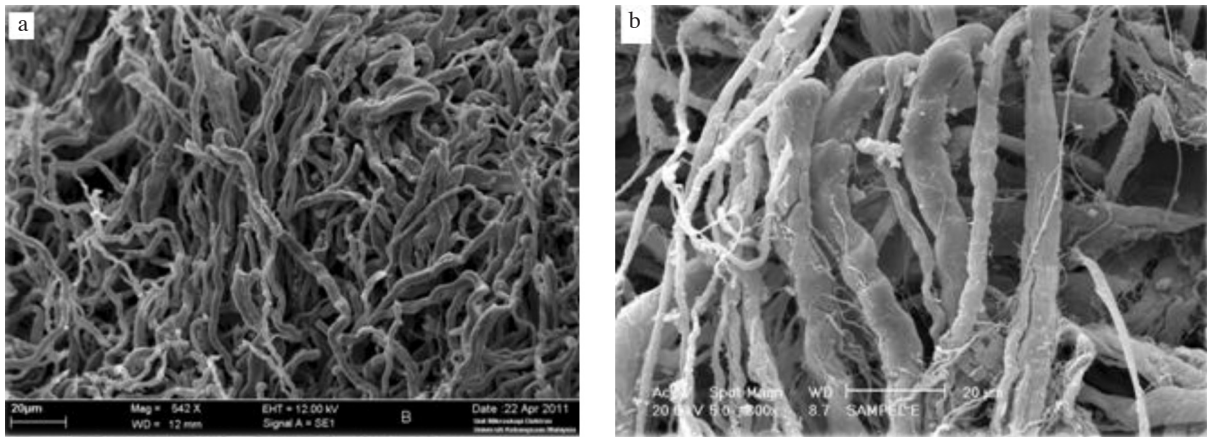
isyarat kepada aor yang berada di persekitaran (Pollack 2001). Polimer-polimer ini memberi isyarat kepada air, kemudian menyekat migrasi ion-ion, mengurangkan kecekapan mobiliti kepada setengah daripada keadaan asal atau neutral.

Ampula-ampula yang bersambung dengan saluran-saluran ini terkumpul dalam bentuk kluster, seperti membentuk satu gugusan (Rajah 4(a)). Gugusan ini akan bertambah padat apabila usia ikan yu meningkat (Rajah 4(b)).

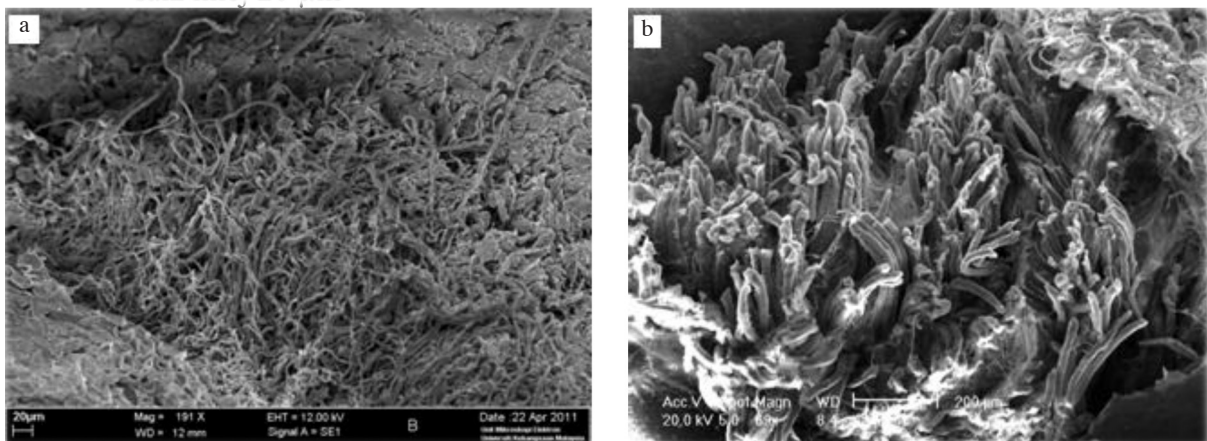
AMPULA

Ikan yu kebiasaannya mempunyai ampula-ampula yang dikumpulkan bersama. *Carcharhinus limbatus* dan *C. melanopterus* mempunyai bentuk ampula yang lebih kurang sama antara satu sama lain. Rajah 5 menunjukkan ampula pada *Carcharhinus limbatus* berbentuk seperti jejari. Ini adalah kerana ampula ini bersambung dengan saluran-saluran dan membentuk satu hujung buntu.

Sistem ampula pada ikan yu menghasilkan satu perbezaan voltan yang rendah dalam badan, seterusnya merekodkan maklumat tentang arah, polariti dan kekuatan



RAJAH 3. Rajah a dan b menunjukkan saluran-saluran organ deria yang terdapat pada *Carcharhinus limbatus* dan *Carcharhinus melanopterus* yang telah dicerap pada saiz imej 20 µm



RAJAH 4. Kedudukan saluran dan ampula dalam bentuk gugusan pada *Carcharhinus limbatus* masing-masing dicerap pada saiz 20 µm bagi imej-a dan 200 µm bagi imej-b

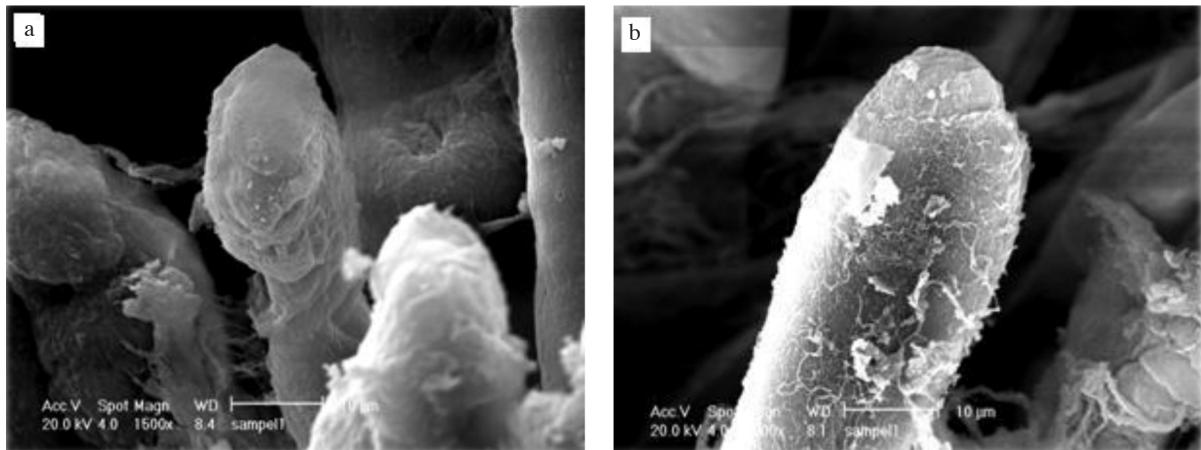
elektrik yang terdapat pada sumber (Bodznick & Boord 1986). Setiap ampula bersambung dengan saluran-saluran yang mempunyai kadar rintangan yang rendah. Bahagian-bahagian membran apikal sel-sel reseptor dihubungkan dengan saluran dari pelbagai arah (Tricas & New 1998).

Sistem ampulari pada elasmobranch menunjukkan kepekaan yang tertinggi terhadap medan elektrik. Bahagian epithelium bagi setiap permukaan ampulari terdiri daripada ratusan sel reseptor yang menerima rangsangan pada amplitud dan fasa yang sama. Setiap ampula dianggarkan diaktifkan oleh kira-kira 10 neuron afferen utama (Tricas & New 1998). Oleh itu, terdapat pengumpulan tahap tinggi bagi reseptor-reseptor individu pada setiap afferen utama. Kesan daripada pengumpulan ini, berlaku pengimbangan bunyi post-sinaptik yang disebabkan oleh perlepasan transmitter yang tidak terkawal daripada sel yang banyak. Organ deria pada awal perkembangan diselaputi dengan membran yang memberikan bentuk seperti satu bungkus. Terdapat juga beberapa ampula yang dikumpulkan bersama dalam satu selaput membran (Rajah 6(a)). Lapisan membran ini akan berkurangan ketika organ deria berada

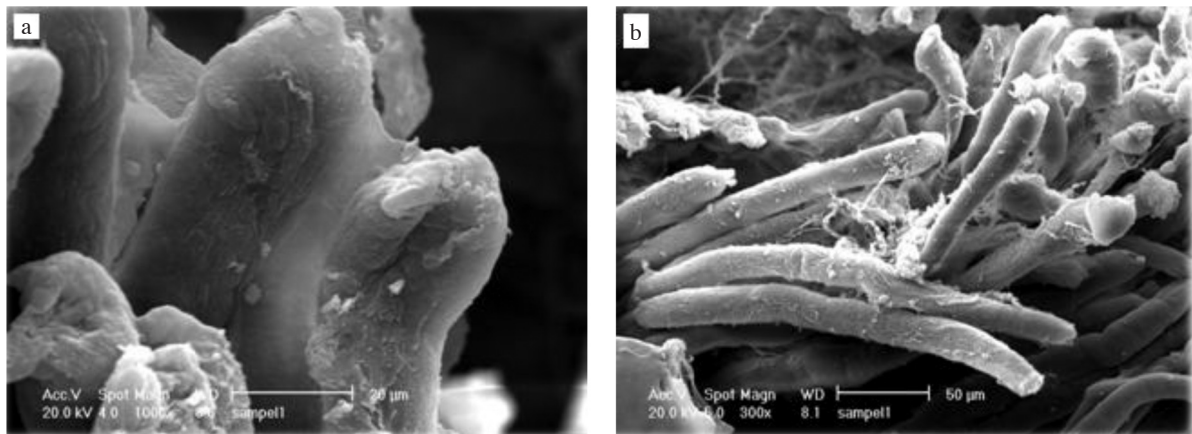
pada peringkat pramatang dan seterusnya akan terpisah antara satu sama lain apabila sudah matang. Seterusnya ampula-ampula mula terpisah dan lapisan membran yang terdapat pada mereka mula menghilang (Rajah 6(b)).

KESIMPULAN

Perolehan imej ampula yang baik menggunakan kaedah SEM sangat membantu untuk memeriksa dan memperihalkan struktur halus organ deria-elektro, *Ampullae of Lorenzini*. Hasil kajian ini mendapati bahawa bilangan pori yang terdapat pada *Carcharhinus* adalah lebih tinggi berbanding pori pada *Chiloscyllium*. Organ deria-elektro yang terdapat pada *Carcharhinus limbatus* dan *C. melanopterus* berbentuk ampulari dan terkumpul dalam kluster. Imej yang diperoleh juga menunjukkan saluran-saluran yang menghubungkan bukaan pori dengan ampula mempunyai panjang dan orientasi yang berbeza-beza. Kepelbagaian panjang dan orientasi ini memberikan kelebihan pada sistem deria-elektro ini untuk mengesan pelbagai jenis rangsangan yang terhasil dalam persekitaran.



RAJAH 5. Perbezaan bentuk-bentuk ampula yang terdapat pada *Carcharhinus limbatus* yang telah dicerap pada saiz imej 10 µm



RAJAH 6. Ampula pada peringkat pramatang (a) dan matang (b) bagi *Carcharhinus limbatus* yang dicerap pada saiz imej masing-masing 20 µm dan 50 µm

PENGHARGAAN

Kami mengucapkan terima kasih kepada pihak pengurusan Pusat Pengajian Sains Sekitaran dan Sumber Alam, Universiti Kebangsaan Malaysia kerana telah memberi kebenaran menggunakan makmal di samping bantuan teknikal oleh En. Mohd-Azarindra dan En. Husdy. Kajian ini telah dibiayai oleh dana penyelidikan UKM-GUP-PLW-08-11-046.

RUJUKAN

- Bodznick, D. & Boord, R.L. 1986. Electroreception in Chondrichthyes. Central anatomy and physiology. *Electroreception. Springer Handbook of Auditory Research* (1): 225-256.
- Bullock, T.H. & Heiligenberg, W. 1986. *Electroreception*. New York: John Wiley & Sons.
- Bullock, T.H. 1982. Electroreception. *Annual Review in Neuroscience* 5: 121-170.
- Compagno, L.J.V. 1984. *Sharks of the World. FAO Species Catalogue*. Vol.4. Rome: Food and Organization of the United Nations.
- Jørgensen, J.M. 2005. Morphology of electroreceptive sensory organs. In *Electroreception*, edited by Bullock, T.H., Hopkins, C.D., Popper, A.R. & Fay, R.R. New York: Springer.
- Kajiura, S.M. 2000. Head morphology and electrosensory pore distribution of Carcharhinid and Sphyrnid sharks. *Environmental Biology of Fishes* 61: 125-133.
- Kalmijn, A.J. 1971. The electric sense of sharks and rays. *Journal of Experimental Biology* 55: 371-383.
- Kalmijn, A.J. 1988. *Detection of Weak Electric Fields. Sensory Biology of Aquatic Animals*. New York: Springer-Verlag.
- Murray, R.W. 1960. Electrical sensitivity of the ampullae of Lorenzini. *Nature* 187(4741): 957.
- Obara, S. & Bennet, M.V.L. 1972. Mode of operation of Ampullae of Lorenzini of the skate, Raja. *The Journal of General Physiology* 60: 534-557.
- Pollack, G.H. 2001. *Cells, Gels and the Engines of Life*. Seattle: Ebner & Sons.
- Raschi, W.G. 1978. Notes on the gross functional morphology of the ampullary system in two similar species of skates, *Raja erinacea* and *R. ocellata*. *Copeia* 1978: 48-53.
- Tricas, T.C. & New, J.G. 1998. Sensitivity and response dynamics of electrosensory primary afferent neurons to near threshold fields in the round stingray. *Journal of Comparative Physiology (A)* 182(1): 89-101.

Waltman, B. 1966. Electrical properties and fine structure of the ampullary canals of Lorenzini. *Acta Physiologica Scandinavica (Suppl.)* 264: 1-60.

*Pengarang untuk surat-menyurat; email: nature5283@gmail.com

Diserahkan: 16 Julai 2012

Diterima: 3 Oktober 2012

Pusat Pengajian Sains Sekitaran & Sumber Alam
Fakulti Sains & Teknologi
Universiti Kebangsaan Malaysia
43600 Bangi, Selangor D.E.
Malaysia