

Fosil Radiolaria Berusia Perm Awal (Artinskian dan Kungurian) daripada Bongkah Batuan Bersilika-Rijang di Pos Blau, Gua Musang, Kelantan, Semenanjung Malaysia

(Early Permian Radiolarian Fossils (Artinskian and Kungurian) from Siliceous-Chert Rocks Boulders at Pos Blau, Gua Musang, Kelantan, Peninsular Malaysia)

MUHAMMAD ASHAHADI DZULKAFI*, MOHD BASRIL ISWADI BASORI, NORASIAH SULAIMAN & MOHD SHAFEEA LEMAN

Program Geologi, Jabatan Sains Bumi & Alam Sekitar, Fakulti Sains dan Teknologi, Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 UKM Bangi, Selangor, Malaysia

Diserahkan: 17 Januari 2024/Diterima: 1 April 2024

ABSTRAK

Sebuah singkapan terdiri daripada batu lumpur bersilika bertuf yang berselanglapis dengan sisipan syal yang sangat nipis ditemui di Ladang Tenang yang terletak kira-kira 900 m ke arah barat daya dari kawasan penempatan penduduk Pos Blau. Kajian mikropaleontologi melalui kaedah pengekstrakan radiolaria menggunakan Asid Hidroflorik (HF) dijalankan ke atas beberapa sampel batu lumpur bersilika bertuf. Hasil pengekstrakan mendapati sampel batuan bersilika ini mengandungi fosil radiolaria berusia Perm. Sebanyak 20 spesies radiolaria dikenal pasti terdiri daripada 16 genus yang tergolong dalam 10 famili. Darjah awetan fosil ini adalah dalam keadaan sederhana hingga baik. Berdasarkan kemunculan spesies penunjuk usia dan julat usia stratigrafi, fosil ini sesuai dimasukkan ke dalam Zon Himpunan *Pseudoabaillella rhombothoracata* berusia Artinskian Awal hingga Kungurian Awal dan Zon Himpunan *Albaillella asymmetrica* berusia Kungurian, Perm Awal. Penemuan kedua-dua Zon himpunan ini penting dan mengisi rumpang zon radiolaria di Pos Blau, sekali gus melengkapkan biozon radiolaria berusia Perm Awal (Sakmarian) hingga Perm Tengah (Wordian).

Kata kunci: Artinskian; Kungurian; Perm Awal; Pos Blau; Radiolaria

ABSTRACT

An outcrop consisting of tuffaceous siliceous mudstone interbedded with very thin shale intercalations was found at Ladang Tenang located approximately 900 m southwest of the Pos Blau settlement area. A micropaleontological study through the radiolaria extraction method using Hydrofluoric Acid (HF), was carried out on several samples of tuffaceous siliceous mudstone. The results of the extraction found that this siliceous rock sample contained Permian-aged radiolaria fossils. A total of 20 radiolaria species were identified consisting of 16 genera belonging to 10 families. The degree of preservation of this fossil is moderate to good. Based on the occurrence of index species and the stratigraphic age range, these fossils fit into the *Pseudoabaillella rhombothoracata* Assemblage Zone of Early Artinskian to Early Kungurian age and the *Albaillella asymmetrica* Assemblage zone of Kungurian, Early Permian age. The discovery of these two assemblage zones is important and fills in the gap of the radiolarian zone at Pos Blau, as well as completing the Early Permian (Sakmarian) to Middle Permian (Wordian) radiolarian biozone.

Keywords: Artinskian; Early Permian; Kungurian; Pos Blau; Radiolaria

PENDAHULUAN

Batuan bersilika-rijang berusia Perm boleh ditemui dalam beberapa formasi batuan yang terletak di Semenanjung Malaysia. Di dalam Jalur barat Semenanjung Malaysia, batuan bersilika-rijang Perm hanya ditemui dalam Formasi Semanggol (Basir 2008, 1997, 1996; Basir et al. 2005;

Sashida et al. 1995; Spiller 2002; Spiller & Metcalfe 1995a) dan Formasi Gerik (Mat Niza, Saesaengseerung & Imsamut 2012; The Malaysia-Thai Working Group 2014, 2012). Dalam Jalur Tengah pula, Basir, Uyop dan Rosmah (1995) melaporkan penemuan batuan rijang yang berselang lapis dengan batu lumpur bertuf di kawasan Genting Serampang,

Jengka, Pahang. Berdasarkan rekod, tiada batuan bersilika-rijang dilaporkan di dalam Jalur Timur di Semenanjung Malaysia.

Di dalam Zon Sutura Bentong-Raub, telah dilaporkan beberapa penemuan batuan bersilika-rijang berfosil radiolaria. Batuan ini berjulat usia dari Devon (Famennian), Karbon (Tournaisian) hingga Perm (Sakmarian hingga Capitanian). Secara khususnya, batuan bersilika-rijang berusia Perm dalam zon ini boleh ditemui antaranya di sekitar Bentong (Spiller 2002), Karak (Spiller 2002; Spiller & Metcalfe 1995a, 1995b) di negeri Pahang; Pos Blau (Basir 1994; Basir & Che Aziz 1997; Basir, Atilia & Zaiton 2013; Muhammad Ashahadi, Che Aziz & Mohd Basril Iswadi 2022; Muhammad Ashahadi, Basir & Mohd Shafeea 2016, 2012; Muhammad Ashahadi, Mohd Shafeea & Khor Wei 2017; Muhammad Ashahadi et al. 2018; Spiller 2002; Spiller & Metcalfe 1995b) yang terletak di negeri Kelantan; dan Formasi Mangga di Perak Utara (The Malaysia-Thai Working Group 2014, 2012).

Penulisan kertas ini adalah bertujuan untuk membentangkan hasil kajian biostratigrafi radiolaria berusia Perm daripada batuan bersilika-rijang dari sebuah singkapan yang terletak di dalam Ladang Tenang, Pos Blau, Gua Musang Kelantan. Singkapan ini dilabel sebagai singkapan (PB-4). Kepentingan hasil kajian ini ke atas biostratigrafi radiolaria dan geologi di kawasan Pos Blau juga akan dikemaskini dan dibincangkan.

TETAPAN GEOLOGI

Pos Blau terletak di dalam laluan jalan raya yang menghubungkan bandar Gua Musang di Kelantan dengan bandar Cameron Highland di Pahang. Ia terletak di pinggir Sungai Berok dan merupakan penempatan kecil penduduk yang dikelilingi ladang kelapa sawit dan getah. Geologi di sekitar kawasan ini dilaporkan pertama kalinya oleh Aw (1974) melalui aktiviti pemetaan oleh Jabatan Kaji Bumi Malaysia. Berdasarkan laporan awal tersebut, kawasan kajian terdiri daripada jujukan batuan metasedimen-piroklas yang didasari oleh Konglomerat Gunung Ayam.

Batuan metasedimen adalah terdiri daripada syis dan filit yang berusia Ordovisi-Silur, dan ditindih oleh unit olistostrom yang mana usianya masih belum ditentukan (Basir & Che Aziz 1997; Tjia & Syed Sheikh 1996). Unit olistostrom ini pula dikatakan ditindih oleh Unit rijang yang berusia Perm dan seterusnya ditindih pula oleh batuan Formasi Gua Musang. Unit olistostrom yang terdapat dikawasan ini telah diperincikan oleh Tjia dan Syed Sheikh (1996) dan mereka telah mengenal pasti sekurang-kurangnya terdapat 7 unit tektonik yang mewakili sungkupan imbrikasi yang lazimnya terbentuk dalam Prisma Akresi atau pun Prisma Tokokan. Jujukan batuan yang tersingkap di sepanjang laluan ini ditafsirkan sebagai mewakili jujukan batuan tinggalan kerak lautan kuno

Palaeo-Tethys yang pada suatu masa dahulu memisahkan Blok Sibumasu dan Blok Indochina/Malaya Timur (Basir 2013; Choong et al. 2022; Metcalfe 2000). Penutupan lautan Palaeo-Tethys pada masa Trias Akhir membentuk Semenanjung Malaysia seperti yang dapat dilihat hari ini. Kawasan pertembungan dua blok ini dikenali sebagai Zon Sutura Bentong-Raub (Metcalfe 2000; Muhammad Ashahadi et al. 2022; Spiller 2002).

Zon ini dianggarkan mempunyai kelebaran kira-kira 13 hingga 18 km (Tjia & Syed Sheikh 1996) dan mencapai 20 km (Metcalfe 2000). Bahagian barat Zon Sutura Bentong-Raub ini dibatasi oleh Granit Banjaran Utama manakala bahagian timur disempadani oleh lapisan rijang. Sehingga ke hari ini, masih belum diketahui kedudukan sempadan timur di antara zon sutura ini dengan jujukan sedimen batuan Formasi Gua Musang.

Satu singkapan yang terdiri daripada batuan bersilika-rijang (PB-4) ditemui dan terletak kira-kira 900 m ke arah barat daya dari kawasan penempatan penduduk Pos Blau (Koordinat: 4°45'24.22" N, 101°44'55.05" E) (Rajah 1). Singkapan ini adalah cerun potongan bukit yang menjadi laluan pekebun di dalam Ladang Tenang. Singkapan ini mempunyai lebar sekitar 25 m dengan ketinggian mencapai 3 meter (Rajah 2(A)). Cerapan di lapangan mendapati batuan yang tersingkap terdiri daripada batu lumpur bersilika bertuf yang berselanglapis dengan sisipan syal yang sangat nipis. Lapisan batuan ini didapati miring ke arah tenggara-selatan dengan bacaan jurus dan kemiringan sekitar U50°T/15°.

Beberapa sesar dapat dilihat memotong peralapisan batuan pada singkapan ini dan menyebabkan berlakunya anjakan peralapisan (Rajah 2(B)). Batu lumpur bersilika bertuf dicirikan berwarna kelabu cerah hingga putih dengan kehadiran laminasi selari dalam beberapa lapisan. Ketebalan individu lapisan batu lumpur bersilika bertuf adalah dalam julat 1 cm hingga 15 cm, manakala ketebalan keseluruhan adalah sekitar 3 m (Rajah 2(C), 2(D)).

BAHAN DAN KAEDAH

Sebanyak 40 sampel batu lumpur bersilika bertuf dipungut (Rajah 2(E), 2(F)) dan dilabelkan sebagai LT 1 hingga LT 40 (LT = Ladang Tenang) dalam turutan memuda ke atas. Oleh sebab singkapan ini bersaiz kecil, sampel dipungut pada setiap lapisan dari bahagian paling bawah (tua) hingga paling atas (muda). Bagi tujuan mengekstrak radiolaria, prosedur piawai mengekstrak yang telah diperkenalkan oleh Pessagno Jr. dan Newport (1972) diguna pakai. Setiap sampel batu dipecahkan kepada saiz kecil dan direndamkan dalam larutan asid hidroflik yang telah dicairkan di dalam bikar plastik secara berasingan. Baki rendaman kemudiannya diayak dan dikeringkan selepas dibilas menggunakan air paip. Hasil ayakan yang telah kering, diperiksa secara berhati-hati dan spesimen fosil radiolaria

dikutip menggunakan berus yang sangat halus. Kerja-kerja ini dilakukan menggunakan mikroskop binokular. Spesimen yang mempunyai awetan yang baik diambil fotonya menggunakan Mikroskop Imbasan Elektron (SEM) untuk tujuan pengenalpastian dan ilustrasi. Instrumen yang digunakan ialah FESEM, SUPRA 55VP (Zeiss) bertempat di Makmal i-CRIM, UKM.

Kesemua spesimen ditempatkan di dalam Makmal Paleontologi, Bangunan Geologi, Jabatan Sains Bumi dan Alam Sekitar, Universiti Kebangsaan Malaysia, Bangi dengan label awalan (PB4-LT-R).

HASIL DAN PERBINCANGAN

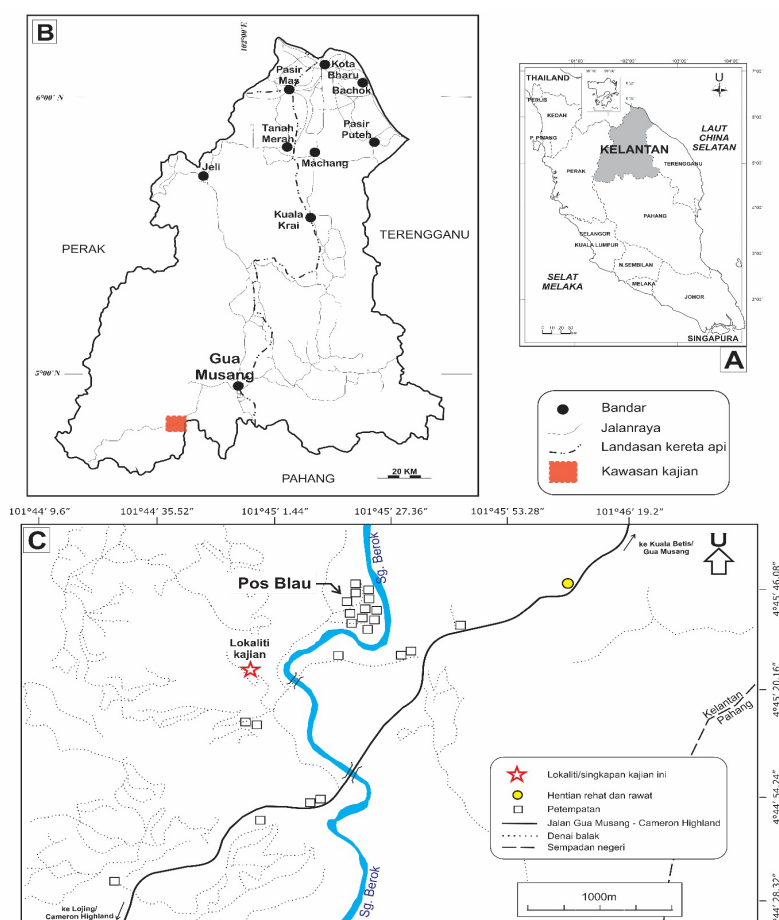
SEKUTUAN BATUAN DAN SEKITARAN PENGENDAPAN

Jujukan batuan bersilika-rijang dalam kajian ini terdiri daripada batu lumpur bersilika bertuf yang berselanglapis dengan sisipan syal yang sangat nipis. Jujukan seperti ini

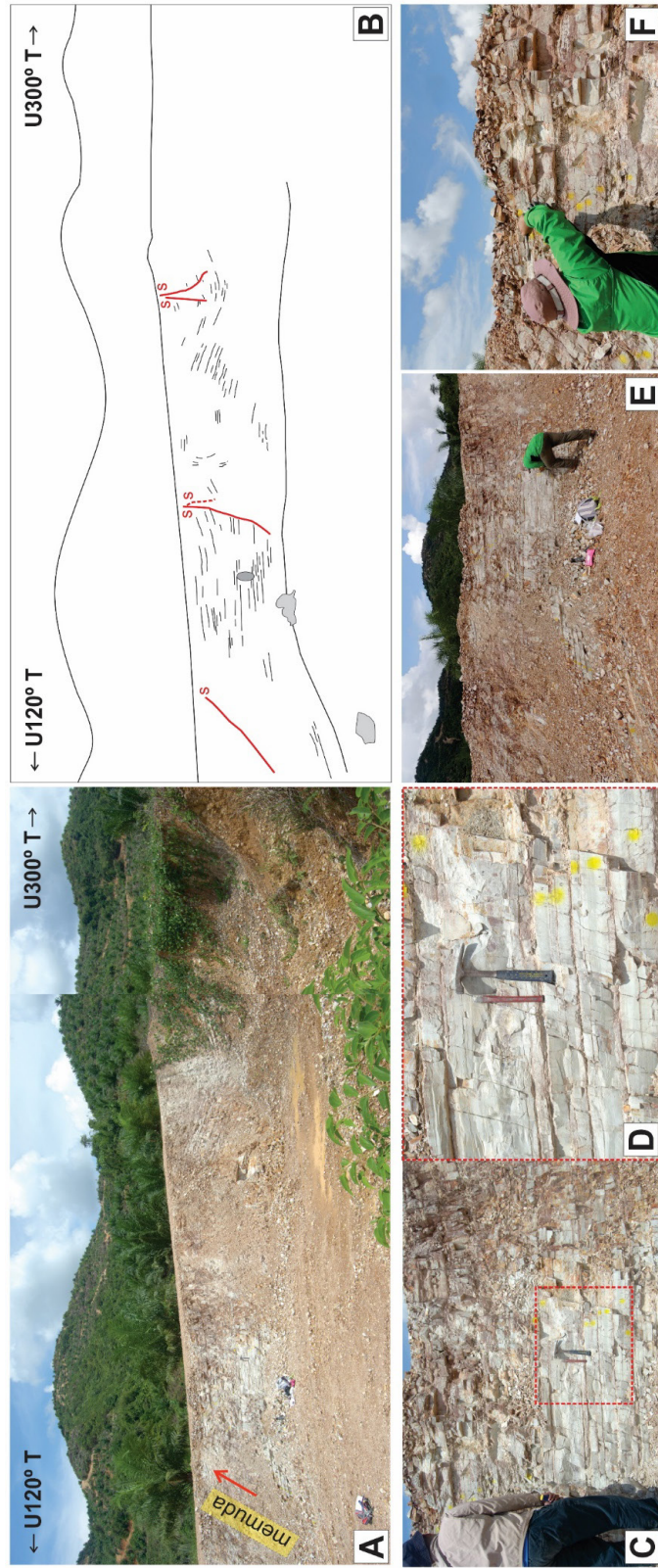
sesuai dikategorikan sebagai sekutuan rijang-syal seperti yang diperkenalkan oleh Karl (1989). Selain itu, sekutuan ini juga termasuk dalam kategori sekutuan rijang pinggir benua menurut Jones dan Murchey (1986). Kehadiran bahan bertuf dalam jujukan ini diramalkan berpunca daripada hamburan sumber volkano yang kemungkinan telah pun wujud seawal masa Perm Awal seperti yang diulas oleh Basir, Atilia dan Zaiton (2013) dan Muhammad Ashahadi, Che Aziz dan Mohd Basril Iswadi (2022).

KOMPOSISI FOSIL RADIOLARIA

Daripada 40 sampel yang dipungut, sebanyak 20 sampel berjaya ditemui fosil radiolaria. Fosil radiolaria ini terdiri daripada 20 spesies daripada 16 genus dan tergolong dalam 10 famili. Darjah awetan fosil ini adalah dalam keadaan sederhana hingga baik dan kelimpahan secara keseluruhan dalam singkapan ini adalah pada tahap rendah. Spesies yang ditemui disenaraikan seterusnya dan taburan fosil



RAJAH 1. Peta Indeks A) Semenanjung Malaysia dengan negeri Kelantan B) Lokasi kajian yang terletak di Gua Musang, Kelantan ditandakan dengan petak berwarna merah C) Peta kedudukan singkapan kajian



RAJAH 2. A) Fotograf lapangan bagi Singkapan PB-4 B) Surihan fotograf lapangan A. Garis merah berlabel S adalah sesar yang dikesan di lapangan C) Litologi menunjukkan batu lumpur bersilika bertuf (D) Imej pembesaran bagi C. E dan F) Kedudukan lapisan persampelan yang ditandakan dengan cat kuning

radiolaria yang ditemui dalam jujukan ini ditunjukkan seperti dalam Rajah 3. Berikut adalah senarai spesies fosil radiolaria yang ditemui dalam singkapan ini.

Famili Albaillellidae: *Albaillella asymmetrica* Ishiga & Imoto. **Famili Follicucullidae:** *Parafollicuculinoides lomentarius* (Ishiga & Imoto), *Haplodiacanthus sakmarensis* (Kozur), *Pseudoalbaillella scalprata* Ishiga, *Pseudoalbaillella postscalprata* Ishiga, *Pseudoalbaillella rhombothoracata* Ishiga dan *Pseudoalbaillella* sp. B. **Famili Entactiniidae:** *Stigmosphaerostylus itsukaichiensis* (Sashida & Tonishi). **Famili Cauletellidae:** *Cauletella* sp. dan *Pseudotormentus kamigoriensis* De Wever & Caridroit. **Famili Latentifistulidae:** *Latentifistula crux* Nazarov & Ormiston, dan *Latentifistula patagilaterala* De Wever & Caridroit; **Famili Ormistonellidae:** *Ormistonella robusta* De Wever & Caridroit, *Nazarovella philogides* Wang dan Li; *Quadricaulis inflata* (Sashida & Tonishi) dan *Quinqueremis robusta* Nazarov & Ormiston. **Famili Pseudolitheliidae:** *Octatormentum* sp.; **Famili Ruzhenchevispongidae:** *Ruzhenchevispongus girtyi* Nazarov & Ormiston; **Famili Copicyntridae:** *Copicyntra* sp. dan **Famili Insertae sedis:** *Hegleria mammilia* (Sheng & Wang).

Berdasarkan taburan radiolaria (Rajah 3), fosil radiolaria kebanyakannya ditemui dalam lapisan di bahagian bawah jujukan iaitu dari sampel LT 1 hingga LT 17. Sampel LT 10 dan LT 17 mencatatkan bilangan individu radiolaria dengan jumlah kepelbagaian spesies yang paling banyak berbanding sampel yang lain. Sampel LT 18 hingga LT 35 pula mengandungi sangat sedikit fosil dan kebanyakan sampel ini tidak mengandungi fosil. Bilangan spesimen fosil radiolaria bertambah di bahagian atas jujukan bermula dari sampel LT 36 hingga LT 38. Sampel-sampel ini dominan dengan spesies dari Order Albaillellaria.

Secara keseluruhannya, kepelbagaian spesies radiolaria di singkapan PB-4 ini disumbang oleh spesies dari Order Latentifistularia. Satu-satunya spesies Albaillellid yang ditemui adalah *Albaillella asymmetrica* yang direkodkan sangat melimpah dalam sampel LT 17. Terdapat dua spesies tunggal ditemui iaitu *Octatormentum* sp. dalam sampel LT 10 dan *Cauletella* sp. dalam sampel LT 17. Komposisi spesies bagi jujukan ini dikenal pasti sebagai fauna berusia Perm Awal. Kesemua imej SEM fosil bagi singkapan ini diilustrasikan dalam Plat 1 dan Plat 2.

BIOSTRATIGRAFI RADIOLARIA DAN USIA

Berdasarkan taburan fosil dan kemunculan spesies penunjuk usia, singkapan ini sesuai dimasukkan dalam dua Zon himpunan. Bahagian bawah jujukan terdiri daripada Zon *Pseudoalbaillella rhombothoracata* yang mewakili usia Artinskian Awal hingga Kungurian Awal, Perm Awal berdasarkan Ito dan Suzuki (2022) dan di bahagian atas

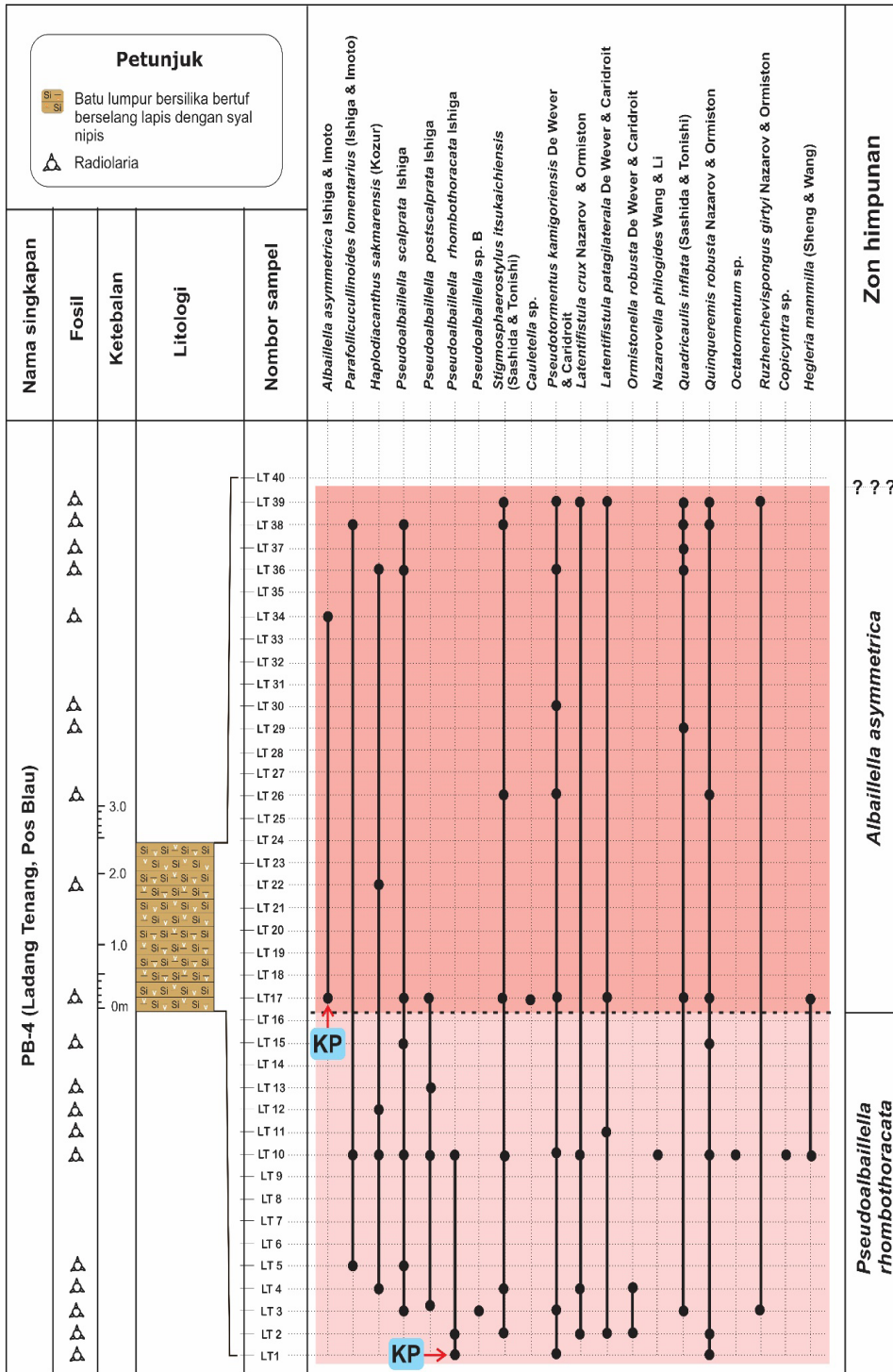
jujukan pula terdiri daripada Zon himpunan *Albaillella asymmetrica* yang menunjukkan usia Kungurian, Akhir Perm Awal juga berdasarkan Ito dan Suzuki (2022) (Rajah 3).

Zon Himpunan *Pseudoalbaillella rhombothoracata* ditandakan berdasarkan kemunculan pertama kali (KP) fosil *Pseudoalbaillella rhombothoracata* Ishiga di dalam sampel LT1 iaitu sampel yang paling bawah. Hadir bersama dalam zon ini adalah spesies lain seperti *Parafollicuculinoides lomentarius* (Ishiga & Imoto), *Haplodiacanthus sakmarensis* (Kozur), *Pseudoalbaillella scalprata* Ishiga, *Pseudoalbaillella postscalprata* Ishiga, *Pseudoalbaillella* sp. C., *Stigmosphaerostylus itsukaichiensis* (Sashida & Tonishi), *Pseudotormentus kamigoriensis* De Wever & Caridroit, *Latentifistula crux* Nazarov & Ormiston, *Latentifistula patagilaterala* De Wever & Caridroit; *Ormistonella robusta* De Wever & Caridroit, *Nazarovella philogides* Wang dan Li; *Quadricaulis inflata* (Sashida & Tonishi), *Quinqueremis robusta* Nazarov & Ormiston, *Octatormentum* sp., *Ruzhenchevispongus girtyi* Nazarov & Ormiston, *Copicyntra* sp. dan *Hegleria mammilia* (Sheng & Wang). Bahagian atas bagi zon ini ditandakan berdasarkan KP spesies *Albaillella asymmetrica* Ishiga & Imoto yang muncul dalam sampel LT 17.

Zon Himpunan *Albaillella asymmetrica* pula ditanda berdasarkan KP spesies *Albaillella asymmetrica* Ishiga & Imoto dalam sampel LT 17. Spesies ini berasosiasi dengan spesies lain iaitu *Parafollicuculinoides lomentarius* (Ishiga & Imoto), *Haplodiacanthus sakmarensis* (Kozur), *Pseudoalbaillella scalprata* Ishiga, *Pseudoalbaillella postscalprata* Ishiga, *Stigmosphaerostylus itsukaichiensis* (Sashida & Tonishi), *Cauletella* sp., *Pseudotormentus kamigoriensis* De Wever & Caridroit, *Latentifistula crux* Nazarov & Ormiston, *Latentifistula patagilaterala* De Wever & Caridroit; *Quadricaulis inflata* (Sashida & Tonishi), *Quinqueremis robusta* Nazarov & Ormiston, *Ruzhenchevispongus girtyi* Nazarov & Ormiston dan *Hegleria mammilia* (Sheng & Wang). Bahagian atas zon ini tidak dapat ditentukan. Taburan radiolaria dan biozon radiolaria Perm bagi singkapan ini ditunjukkan dalam Rajah 4.

KORELASI BIOZON RADIOLARIA DI POS BLAU DAN DI PERINGKAT ANTARABANGSA

Terdahulu, kemaskini biozon fosil radiolaria daripada batuan bersilika-rijang di Pos Blau disediakan oleh Muhammad Ashahadi et al. (2022). Menurut mereka, biozon yang paling tua diwakili oleh Zon Himpunan *Pseudoalbaillella lomentaria* (*Parafollicuculinoides lomentarius*-berdasarkan penamaan baru) yang menandakan usia Sakmarian, manakala biozon paling muda diwakili oleh Zon Himpunan *Follicuculus monacanthus* (*Parafollicucullus monacanthus*-penamaan baharu).



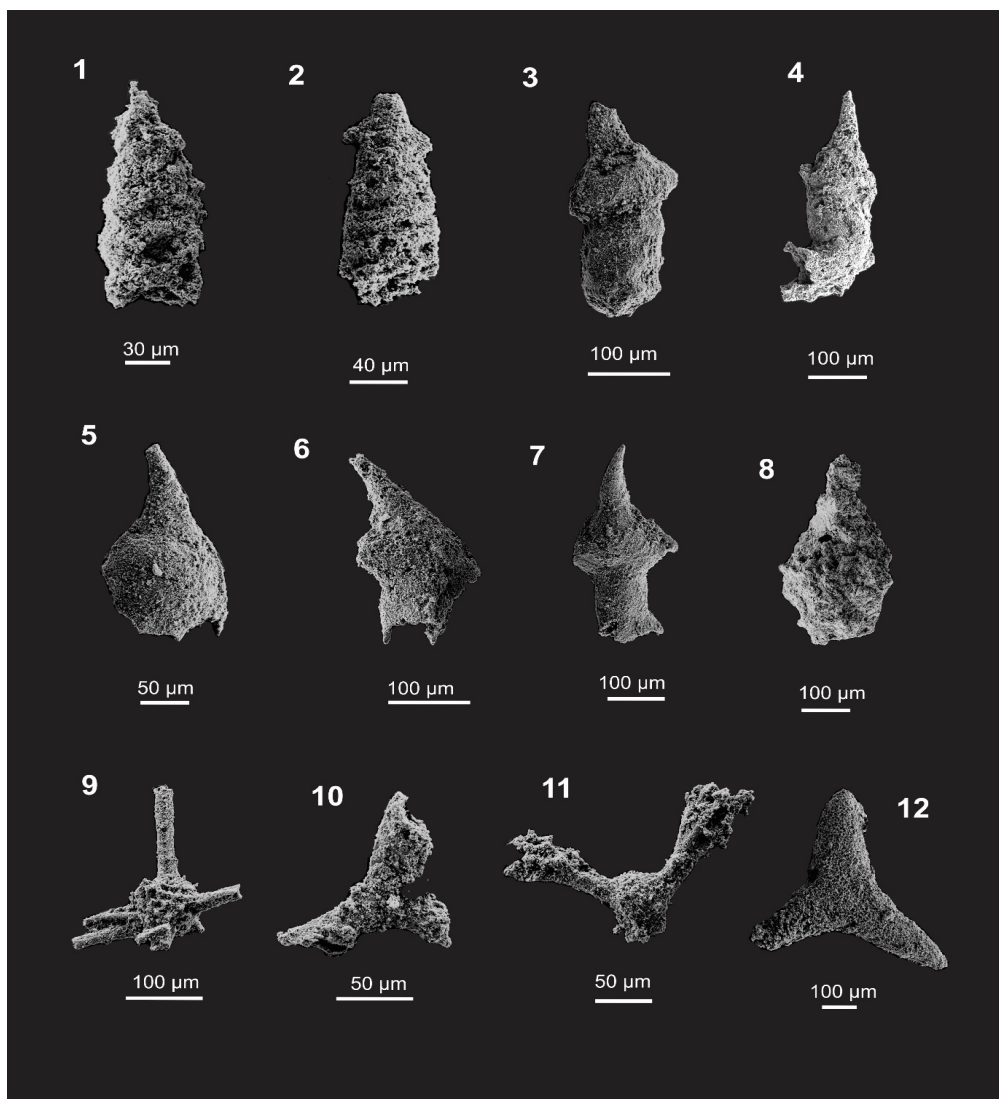
KP Kemunculan pertama kali

RAJAH 3. Turus log sedimen, taburan fosil dan zon himpunan radiolaria bagi jujukan di Ladang

Rajah 4 menunjukkan carta korelasi biozon radiolaria di Pos Blau, Gua Musang. Penemuan dua zon himpunan dalam kajian ini iaitu Zon Himpunan *Pseudoalbaillella rhombothoracata* yang mewakili usia Artinskian Awal hingga Kungurian Awal, Perm Awal dan Zon Himpunan *Albaillella asymmetrica* yang menunjukkan usia (Kungurian), Akhir Perm Awal sesuai dikorelasikan dengan Zon Himpunan *Albaillella sinuata* dan Zon Himpunan *Parafollicucullinoides longtanensis* yang dibangunkan oleh Basir dan Zaiton (2011) dan Spiller (2002).

Dalam kajian ini, tidak ditemui spesimen *Albaillella sinuata*, namun begitu, berdasarkan julat usia biozon yang dibangunkan oleh Ito dan Suzuki (2022), mereka mendapati julat bagi Zon Himpunan *Pseudoalbaillella rhombothoracata* adalah lebih muda berbanding sebelum ini yang mewakili usia Sakmarian Akhir.

Hasil kajian ini juga menunjukkan julat usia bagi biozon radiolaria di Pos Blau adalah berterusan dari seawal usia Sakmarian (Perm Awal) hingga Wordian (Akhir Perm



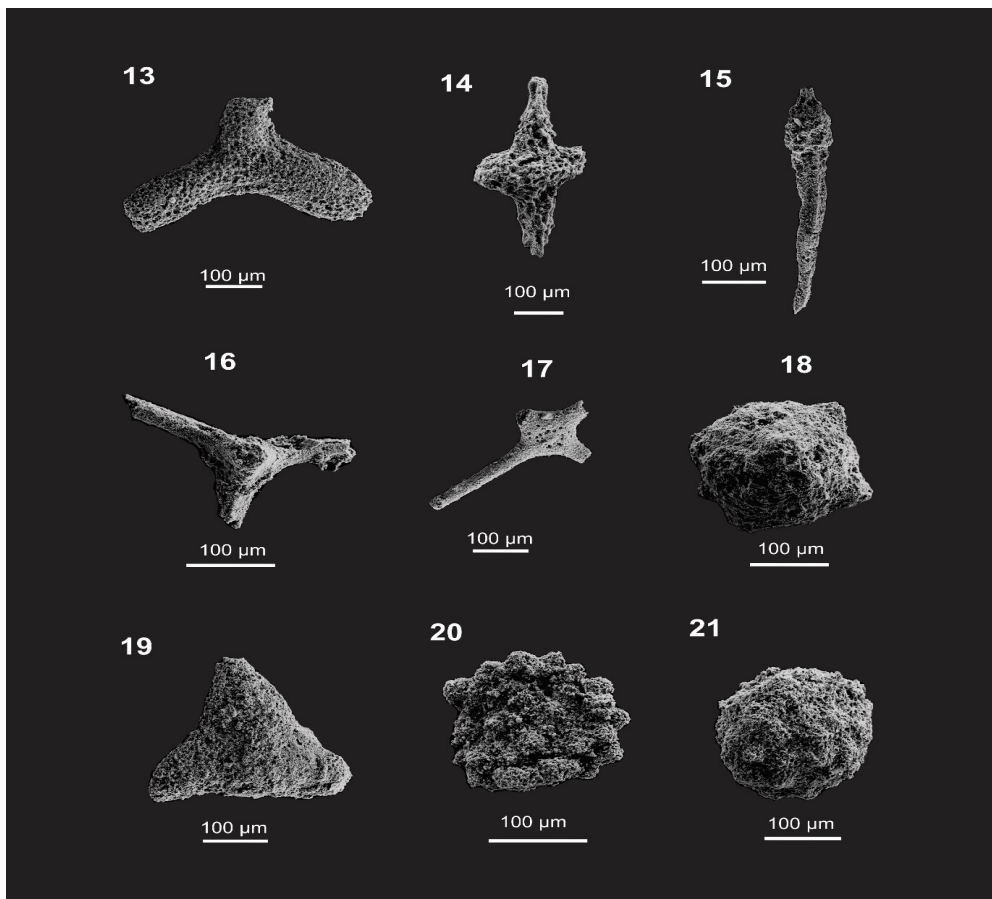
PLAT 1. 1,2. *Albaillella asymmetrica* Ishiga & Imoto 3. *Parafollicucullinoides lomentarius* (Ishiga & Imoto) 4. *Haplodiacanthus sakmarensis* (Kozur) 5. *Pseudoalbaillella scalprata* Ishiga 6. *Pseudoalbaillella scalprata* Ishiga, 7. *Pseudoalbaillella rhombothoracata* Ishiga, 8. *Pseudoalbaillella* sp. B, 9. *Stigmosphaerostylus itsukaichiensis* (Sashida & Tonishi), 10. *Cauletella* sp., 11. *Cauletella* sp., 12. *Latentifistula crux* Nazarov & Ormiston

Tengah) (Rajah 4). Biozon lebih muda daripada Wordian, masih belum ditemui. Penemuan biozon radiolaria dalam kajian ini juga tidak merubah batas paling tua dan batas paling muda bagi usia batuan bersilika-rijang beradiolaria di Pos Blau. Usaha untuk melengkapkan usia batuan bersilika-rijang Perm di kawasan ini masih diteruskan melalui kajian mikropaleontologi dan pemetaan bagi setiap jujukan singkapan yang ditemui di sepanjang jalan raya Gua Musang –Cameron Highland ini.

Di peringkat antarabangsa, kedua-dua zon himpunan yang ditemui daripada singkapan ini sesuai dikorelasikan seperti huraian berikut:

a. Zon Himpunan *Pseudoalbaillella rhombothoracata* Ito dan Suzuki (2022)

Zon Himpunan *Pseudoalbaillella rhombothoracata* Ito dan Suzuki (2022) mempunyai julat usia dari Artinskian Awal hingga Kungurian Awal. Zon ini dikorelasikan dengan Zon *Pseudoalbaillella rhombothoracata* dan Zon *Pseudoalbaillella scalprata* (turutan memuda) di Jepun Barat Daya. Sempadan paling bawah zon ini ditandakan oleh kemunculan pertama kali fosil konodon *Sweetognathus whitei* berdasarkan Ishiga (1990). Di China Selatan, zon ini dikorelasikan dengan Zon *Pseudoalbaillella rhombothoracata* dan Zon himpunan *Albaillella xiadongensis* (turutan memuda). Di Malaysia, zon ini dipadankan dengan Zon himpunan *Albaillella sinuata* manakala di Thailand dipadankan dengan Zon Himpunan *Parafollicucullinoides lomentarius*.



PLAT 2. 13. *Latentifistula patagilaterala* De Wever & Caridroit, 14. *Ormistonella robusta* De Wever & Caridroit, 15. *Nazarovella philogides* Wang dan Li, 16. *Quadricaulis inflata* (Sashida & Tonishi), 17. *Quinqueremis robusta* Nazarov & Ormiston, 18. *Octatormentum* sp., 19. *Ruzhenchevispongus girtyi* Nazarov & Ormiston, 20. *Copicyntra* sp., 21. *Hegleria mammilia* (Sheng & Wang)

Stratigraphic Stage / Age	Biozon Radiolaria		Rekod hasil kajian radiolaria di Pos Blau (sempadan timur Zon Sutura Bentong-Raub)					
	UAZ	Ito & Suzuki (2022)	Basir & Zaiton (2011), Spiller (2002)					
Changhsingian	15	<i>Neobalaillella optima</i> Range Zone	<i>Neobalaillella optima</i>					
	14	<i>Neobalaillella ornithoformis</i> Int. Zone	<i>Neobalaillella ornithoformis</i>					
Wuchiapingian	13	<i>Albaillella yanakhtai</i> Interval Zone						
Capitanian	12	<i>Carlweir chareveti</i> Interval Zone						
	11	<i>Follicucullus ventricosus</i> Int. Zone	<i>Follicucullus porrectus</i>					
	10	<i>Follicucullus septosessilis</i> Int. Zone						
Wordian	9	<i>Follicucullus porrectus</i> Int. Zone						
	8	<i>Parafollicucullus monacanthus</i> Interval Zone	<i>Parafollicucullus monacanthus</i>					
Roadian	7	<i>Parafollicucullinoides globosus</i> Interval Zone	<i>Parafollicucullinoides globosus</i>					
Kungurian	6	<i>Albaillella asymmetrica</i> Interval Zone	<i>Parafollicucullinoides tongjanensis</i>					
	5	<i>Pseudoalbaillella rhombothoracata</i> Interval Zone	<i>Albaillella sinuata</i>					
Artinskian	4	<i>Haplodacanthus sekmanensis</i> Interval Zone	<i>Pseudoalbaillella rhombothoracata</i>					
	3	<i>Parafollicucullinoides lomentarius</i> Interval Zone	<i>Parafollicucullinoides lomentarius</i>					
Asselian	2	<i>Curvalbaillella reflexa</i> Interval Zone	<i>Curvalbaillella u-forma m. II</i>					
	1	<i>Curvalbaillella u-forma</i> Interval Zone	<i>Curvalbaillella u-forma m. I</i> <i>Curvalbaillella bulbosa</i>					
KARBON								

RAJAH 4. Korelasi biozon radiolaria di Pos Blau, Gua Musang. Biozon dibina berdasarkan Basir dan Zaiton (2011) dan Spiller (2002) dibandingkan dengan biozon oleh Ito dan Suzuki (2022)

Di negara Turki, zon ni boleh dikorelasikan dengan Zon *Pseudoalbaillella rhombothoracata* dan bahagian bawah Zon himpunan *Albaillella sinuata*. Bagi korelasi di Amerika Utara, zon ini dilihat sesuai dipadankan dengan 3 zon iaitu Zon *Parafolliculinoides lomentarius*, Zon *Parafollicucullinoides ornatus* dan bahagian bawah Zon *Parafollicucullinoides rhombothoracata* (turutan memuda).

Di Ural Selatan, Rusia, zon ini sesuai dikorelasikan dengan tiga zon himpunan iaitu Zon *Entactinosphaera-crassicalthrata-Quinqueremis arundinea*, Zon *Polyentactinia lautitia* dan Zon *Tetracircinata reconda* (turutan memuda). Zon *Entactinosphaera-crassicalthrata-Quinqueremis arundinea* telah dikorelasikan dengan fusulinid *Pseudofusulina? concavatus* (Usia Artinskian Tengah), Zon *Polyentactinia lautitia* dikorelasikan dengan fosil fusulinid *Parafusulina solidissima* (Usia Artinskian Akhir) yang turut dikawal oleh penemuan bahagian atas zon konodon *Sweetognathus clarki* (Usia Artinskian Tengah) (Aitchison et al. 2017). Namun begitu, komposisi fosil radiolaria dalam zon di Ural Selatan ini tidak mengandungi spesies indeks dari Order Albaillellaria. Hal ini menjadikan korelasi antara rantau sukar dilakukan dengan tepat.

b. Zon Himpunan *Albaillella asymetrica* Ito dan Suzuki (2022)

Zon himpunan ini dikorelasikan dengan 3 zon dari China Selatan iaitu Zon *Albaillella xiadongensis*, Zon *Albaillella sinuata* dan Zon *Pseudoalbaillella ishigai* (turutan memuda). Di Jepun Barat Daya, ia dikorelasikan dengan Zon *Albaillella sinuata* manakala di Malaysia, ia dipadankan dengan Zon *Parafolliculinoides longtanensis*.

Sementara itu, di Amerika Utara, zon himpunan *Albaillella asymetrica* dalam kajian ini dikorelasikan dengan 3 zon iaitu di bahagian atas zon *Pseudoalbaillella rhombothoracata*, zon *Albaillella foremanae-Parafollicucullinoides cornelli* dan zon *Parafollicucullinoides longtanensis*. *Albaillella asymetrica* telah ditemui bersama fosil konodon *Mesogondolella idahoensis* yang menjadi fosil penanda bahagian paling bawah usia Kungurian (Murchey & Jones 1992).

Satu zon iaitu Zon himpunan *Ruzhenchevispongus uralicus* dari Ural Selatan, Rusia dikorelasikan dengan zon himpunan ini. Bahagian paling bawah usia Kungurian ditandakan oleh fosil konodon *Neostreptognathodus pnevi* (Aitchison et al. 2017) manakala bahagian paling atas bagi usia Kungurian ditandakan oleh kehadiran fosil fusulinid daripada Zon *Misellina* (Miyamoto, Kuwazuru & Okimura 1997).

KESIMPULAN

Singkapan (PB-4) di Ladang Tenang terdiri daripada jujukan batu lumpur bersilika bertuf yang berselanglapis dengan syal nipis. Jujukan ini adalah dikategorikan sebagai sekutuan rijang-syal dan sekutuan rijang pinggir benua. Sebanyak 20 spesies daripada 16 genus yang tergolong dalam 10 famili telah dikenal pasti. Fosil radiolaria dari singkapan ini mewakili usia Artinskian Awal hingga Kungurian Awal (Perm Awal) berdasarkan Zon Himpunan *Pseudoalbaillella rhombothoracata* dan juga berusia Kungurian (Akhir Perm Awal) berdasarkan Zon Himpunan *Albaillella asymetrica*. Tiada perubahan batas tua dan muda bagi biozon radiolaria di Pos Blau ditemui. Kedua-dua zon himpunan yang ditemui dalam kajian ini menambahbaik rekod biostratigrafi radiolaria di Pos Blau yang merupakan sebahagian daripada Zon Sutura Bentong-Raub.

PENGHARGAAN

Penghargaan ditujukan kepada Kementerian Pendidikan Tinggi (KPT), Malaysia atas penganugerahan geran *Fundamental Research Grants Scheme* (FRGS) melalui Kod Projek: FRGS/1/2020/WAB07/UKM/03/2. Penghargaan juga diucapkan kepada Kementerian Pendidikan Tinggi (KPT), Malaysia atas tajaan pengajian Ijazah Doktor Falsafah yang dianugerahkan kepada penulis utama. Setinggi penghargaan diucapkan kepada En. Asri Omar dan En. Muhammad Kamal Kamarudin, pegawai geosains di Jabatan Mineral dan Geosains (JMG), Malaysia atas makluman lokasi kajian dan kemudahan logistik ke singkapan.

RUJUKAN

- Aitchison, J.C., Suzuki, N., Caridroit, M., Danelian, T. & Noble, P. 2017. Paleozoic radiolarian biostratigraphy. *Geodiversitas* 39: 503-531.
- Aw, P.C. 1974. Geology of Sungai Nenggiri-Sungai Betis Area, Sheet 44. *Geological Survey Malaysia Annual Report* 1974: 115-119.
- Basir Jasin. 2013. Chert Blocks in Bentong-Raub Suture Zone: A Heritage of Palaeo-Tethys. *Bulletin of the Geological Society of Malaysia* 59: 85-91.
- Basir Jasin. 2008. Some Permian radiolarians from Bukit Yoi, Pokok Sena, Kedah. *Bulletin of the Geological Society of Malaysia* 54: 53-58.
- Basir Jasin. 1997. Permo-Triassic radiolarian from the Semanggol Formation, northwest Peninsular Malaysia. *Journal of Asian Earth Sciences* 15(1): 43-53.
- Basir Jasin. 1996. Discovery of Early Permian radiolaria from the Semanggol Formation, northwest Peninsular Malaysia. *Warta Geologi* 22(4): 283-287.

- Basir Jasin. 1994. Early Permian Radiolaria from Ulu Kelantan, Malaysia. Seminar on Permo-Triassic of Peninsular Malaysia and associated mineralization-Abstract of paper. *Warta Geologi* 20(2): 96.
- Basir Jasin & Che Aziz Ali. 1997. Lower Permian Radiolaria from the Pos Blau area, Ulu Kelantan Malaysia. *Journal of Asian Earth Sciences* 15(4/5): 327-339.
- Basir Jasin & Zaiton Harun. 2011. Radiolarian Biostratigraphy of Peninsular Malaysia - An update. *Bulletin of the Geological Society of Malaysia* 57: 27-38.
- Basir Jasin, Atilia Bashardin & Zaiton Harun. 2013. Middle Permian Radiolarian from the siliceous mudstone block near Pos Blau, Ulu Kelantan and their significance. *Bulletin of the Geological Society of Malaysia* 59: 33-88.
- Basir Jasin, Uyop Said & Rosmah Abdul Rahman. 1995. Late Middle Permian Radiolaria from Jengka area, central Pahang, Malaysia. *Journal of Southeast Asian Earth Sciences* 12(1/2): 79-83.
- Basir Jasin, Zaiton Harun, Uyop Said & Sulaiman Saad. 2005. Permian Radiolarian Biostratigraphy of the Semanggol Formation, south Kedah, Peninsular Malaysia. *Bulletin of the Geological Society of Malaysia* 51: 19-30.
- Choong, C.M., Pubellier, M., Stautter, B. & Gebretsadik, H.T. 2022. Records of the oceanic propagator closure at the southern splay of the Palaeo-Tethys. *Geological Journal* 57(9): 3881-3915.
- Ishiga, H. 1990. Paleozoic Radiolarians. Dlm. *Pre-Cretaceous Terranes of Japan*, disunting oleh Ichikawa, K., Mizutani, S., Hara, I., Hada, S. & Yao, A. Osaka: Publication of IGCP Project. 224. hlm. 285-295.
- Ito, T. & Suzuki, N. 2022. Recent progress on research of Permian radiolarian Follicucullidae. *Fossils* 112: 5-16. https://doi.org/10.14825/kaseki.112.0_5
- Jones, D.L. & Murchey, B. 1986. Geologic significance of Paleozoic and Mesozoic radiolarian chert. *Ann. Rev. Earth Planet. Sci.* 14: 455-492.
- Karl, S.M. 1989. Paleoenvironment implications of Alaskan siliceous deposits. Dlm. *Siliceous Deposits of the Tethys and Pacific Regions*, disunting oleh Hein, J.R. & Obradovic, J. New York: Springer-Verlag. hlm. 168-200.
- Mat Niza Abdul Rahman, Saesaengseerung, D. & Imsamut, S. 2012. Geology and stratigraphy of the Gerik Formation, Upper Perak, Malaysia. *Proceedings of GEOSEA 2012*. Bangkok.
- Metcalfe, I. 2000. The Bentong-Raub Suture Zone. *Journal of Asian Earth Sciences* 18: 691-712.
- Miyamoto, T., Kuwazuru, J. & Okimura, Y. 1997. The Lower Permian formation discovered from the Kurosegawa Terrane, Kyushu. *News Osaka Micropaleontologist* 10: 33-40.
- Muhammad Ashahadi Dzulkafli, Mohd Shafeea Leman & Khor Wei Chung. 2017. Penemuan zon himpunan *Pseudoalbaillella globosa* (Radiolaria) di Pos Blau, baratdaya Kelantan, Semenanjung Malaysia dan implikasinya terhadap biostratigrafi radiolaria. *Sains Malaysiana* 46(12): 2349-2357.
- Muhammad Ashahadi Dzulkafli, Basir Jasin & Mohd Shafeea Leman. 2016. Taksonomi radiolaria dari genus *Pseudoalbaillella* berusia Perm dari Pos Blau, barat daya Kelantan, Semenanjung Malaysia. *Bulletin of the Geological Society of Malaysia* 62: 13-21.
- Muhammad Ashahadi Dzulkafli, Che Aziz Ali & Mohd Basril Iswadi Basori. 2022. Radiolaria Perm Awal daripada Ladang Harmoni, Pos Blau, baratdaya Kelantan. *Sains Malaysiana* 51(7): 1979-1992.
- Muhammad Ashahadi Dzulkafli, Basir Jasin & Mohd Shafeea Leman. 2012. Radiolaria berusia Perm Awal (Sakmarian) dari singkapan baru di Pos Blau, Ulu Kelantan dan kepentingannya. *Bulletin of the Geological Society of Malaysia* 58: 67-73.
- Muhammad Ashahadi Dzulkafli, Basir Jasin, Mohd Shafeea Leman & Norasiah Sulaiman. 2018. Fosil radiolaria daripada batuan bersilika-rijang di Pos Blau (Singkapan PB-1), Baratdaya Kelantan, Semenanjung Malaysia. *Sains Malaysiana* 47(10): 2259-2268.
- Murchey, B.L. & Jones, D.L. 1992. A mid-Permian chert event: Widespread deposition of biogenic siliceous sediments in coastal, island arc and oceanic basins. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 96: 161-174.
- Pessagno Jr., E.A. & Newport, R.L. 1972. A technique for extracting radiolaria from radiolarian cherts. *Micropaleontology* 18(2): 231-234.
- Sashida, K., Adachi, S., Igo, H., Koike, T. & Ibrahim Amnan. 1995. Middle and Late Permian radiolarians from the Semanggol Formation, Northwest Peninsular Malaysia. *Transactions and Proceedings of the Palaeontological Society of Japan, New Series* 177: 43-58.
- Spiller, F.C.P. 2002. Radiolarian Biostratigraphy of Peninsular Malaysia and Implications for Regional Palaeotectonics and Palaeogeography. *Palaeontographica Abt. A*. 266: 1-91.
- Spiller, F.C.P. 1996. Late Paleozoic radiolarians from the Bentong-Raub suture zone, Peninsular Malaysia. *Island Arc* 5: 91-103.
- Spiller, F.C.P & Metcalfe, I. 1995a. Late Palaeozoic radiolarians from the Bentong-Raub suture zones and the Semanggol Formation of Peninsular Malaysia-initial results. *Journal of Southeast Asian Earth Sciences* 11(3): 217-224.
- Spiller, F.C.P & Metcalfe, I. 1995b. Palaeozoic and Mesozoic Radiolarian biostratigraphy of Peninsular Malaysia. *Proc. of the IGCP Symposium on Geology of Southeast Asia and adjacent areas. Journal of Geology. Series B* 5-6: 75-93.

- The Malaysian-Thai Working Groups. 2014. Litho and Biostratigraphic correlations of chert beds in various rocks unit along the Malaysia-Thailand border. *The Malaysia-Thailand Border Joint Geological Survey Committee (MT-JGSC). Geological Papers Volume 11.*
- The Malaysian-Thai Working Groups. 2012. Geology of The Belum-Hala transect area along the Malaysia-Thailand border. The Malaysia-Thailand Border Joint Geological Survey Committee (MT-JGSC). Geological Papers Volume 9.
- Tjia, H.D. & Syed Sheikh Almashoor. 1996. The Bentong Suture in southwest Kelantan, Peninsular Malaysia. *Bulletin of the Geological Society of Malaysia* 39: 195-211.
- *Pengarang untuk surat-menyurat; email: ashahadi@ukm.edu.my