

Sistem sesar dalam Basalt Segamat: Kajian kes di Kuari Yam Fong

IBRAHIM ABDULLAH, JATMIKA SETIAWAN & S. M. AWALNUR

Pusat Pengajian Sain Sekitaran dan Sumber Alam, Fakulti Sains dan Teknologi
Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 Bangi, Selangor Darul Ehsan

Abstrak: Basalt Segamat diletuskan semasa Tersier Awal, ketika keadaan tektonik Semenanjung Malaysia dikatakan telah berada dalam keadaan setabil. Kajian lapangan di Kuari Yam Fong, Kampung Jabi, Segamat menunjukkan batuan, disamping telah mengalami peretakan dan pembentukan telerang kalsit, basalt di sini juga mengalami sesaran mendatar dan sesaran sungkup. Berdasarkan kepada perkaitan antara struktur yang terdapat di sini, ditafsirkan basalt Segamat telah mengalami dua kali mampatan, yang awal daripada arah timur-timurlaut (TTL) diikuti oleh mampatan dari arah timur-tenggara (TTG). Telerang kalsit juga didapati tersibar dengan agak meluas dalam jalur-jalur tertentu berarah utara timur laut dan timur-timurlaut. Sesar mendatar konjugat generasi awal yang terhasil daripada mampatan daripada arah (TTL) dipotong dan dianjakkan oleh sistem sesar mendatar konjugat yang terhasil daripada mampatan dari TTG. Selain berkaitan dengan pembentukan sesar mendatar, sistem tegasan yang awal juga bertanggung jawab dalam pembentukan telerang kalsit. Sistem tegasan ke dua bertanggung jawab dalam pembentukan satu lagi set sesar mendatar konjugat dan sesar songsang. Hasil kajian ini juga menunjukkan bahawa sistem tegasan dalam keadaan mampatan masih beroperasi di Semenanjung Malaysia selepas zaman Tersier awal yang dikatakan telah berada dalam keadaan stabil.

Abstract: Segamat Basalt erupted in the Early Tertiary during which the Malay Peninsula was considered as tectonically stable. Field studies at Yam Fong Quarry, Kampung Jabi, Segamat indicate that apart from jointing and formation of veins, the basalt here has also undergone lateral and reverse faulting. Based on the relationship of the structures (faults) found here, it is interpreted that the Segamat Basalt has suffered at least two phases of compression, the earlier from east-northeast followed by east-southeast. Calcite veins are also well developed within certain zones aligned in north-northeast and east-northeast directions. The earlier set of conjugate lateral faults that formed as a result of compression from east-northeast were cut and displaced by the later conjugate lateral fault system, which resulted due to compression from east-southeast. The earlier stress system was responsible for the formation calcite veins. The later stress system was responsible for the formation of another set of conjugate lateral faults and reverse faults. The results of this study indicate that compressional stress was still present in the Malay Peninsula in the post Early-Tertiary when the area was considered as tectonically stable.

PENGENALAN

Kawasan Segamat, Johor diliputi oleh batuan sedimen daripada Formasi Gemas dan batuan basalt di samping endapan aluvium (Rajah 1). Batuan Formasi Gemas terdiri daripada selang lapis antara batu pasir bertuf dan syal yang ditafsirkan sebagai berusia Trias Tengah (Loganathan, 1974, 1977). Basalt dipercayai telah terbentuk akibat daripada rejahan cetek berbentuk daik dan aliran (Chakraborty & Kamineni, 1978). Kajian dengan kaedah radiometri (Bignell & Snelling, 1977) mencadangkan usia batuan basalt di kawasan Segamat ialah Tersier awal (62 ± 2 juta tahun).

Singkapan batuan basalt yang baik boleh didapati di beberapa kuari di sekitar Segamat. Antara yang terbaik dan masih segar dan menunjukkan sistem sesar ialah di bekas Kuari Yam Fong di Mukim Jabi (Rajah 2). Di sini singkapan batuan boleh dibahagikan kepada 3 sub-kawasan yang menganjur pada arah utara-timurlaut. Di kawasan paling utara dan selatan merupakan singkapan pada dinding kuari, manakala pada bahagian tengah merupakan satu lekukan. Selain daripada batuan yang masih segar, fitur sesar masih terawet dengan baik. Garitan dan fitur-fitur lain yang boleh digunakan untuk petunjuk pergerakan relatif blok sesar

pada muka upam seperti jenjang cabutan dan jenjang tumbukan masih terawet dengan baik. Fitur-fitur ini dapat digunakan untuk menganalisis arah tegasan yang bertanggungjawab dalam gelinciran yang berlaku di atas satah sesar. Perkaitan lapangan antara sesar-sesar yang terdapat juga masih dapat dilihat dengan jelas. Kertas ini membincangkan sistem sesar, sistem tegasan penyebab dan urutan canggaaan yang telah dialami oleh Basalt Segamat berdasarkan kepada maklumat yang dikumpul di bekas kuari Yam Fong, Segamat.

CERAPAN STRUKTUR

Batuan basalt di bekas Kuari Yam Fong umumnya terdiri daripada basalt olivin dan basalt toleite bewarna hijau gelap (Rajah 3A). Sebahagiannya menunjukkan warna gelap kemerahan. Struktur kekar, telerang dan sesar didapati terbentuk dengan baik. Fitur yang boleh menunjukkan arah pergerakan sesar (garitan di atas muka upam) juga masih terawet baik.

Kekar dan telerang

Pada kebanyakan singkapan yang terdapat di sini, boleh diperhatikan terdapat antara tiga hingga empat set

kekar. Arah utama set kekar di sini ialah barat-baratlaut (BBL), timur-barat (T-B) dan timurlaut-baratdaya (TL-BD). Kekar pada arah TL-BD terbentuk dengan agak baik, merupakan kekar tensi hasil daripada sistem tegasan kedua (Rajah 3B) yang telah bertindak ke atas kawasan ini. Di sesetengah tempat, kadang-kadang terdapat set kekar minor berarah utara-selatan (U-S). Kertas ini tidak membincangkan sistem kekar pada batuan ini dengan terperinci.

Di samping kekar, pada batuan basalt di sini boleh didapati telarang yang diisi oleh kalsit. Saiz telarang ialah antara beberapa sentimeter hingga puluhan sentimeter. Telarang pada sub-kawasan paling utara (Rajah 3B) berarah sekitar U35°T hingga U45°T, manakala untuk sub kawasan tengah dan selatan berarah U50°T hingga antara U 70°T. Ditafsirkan telarang kalsit terjadi apabila kalsit mengisi kekar ekstensi yang terbentuk akibat sistem tegasan yang menghasilkan sesar konjugat generasi pertama (lihat perbincangan sistem dan generasi sesar di bahagian berikutnya).

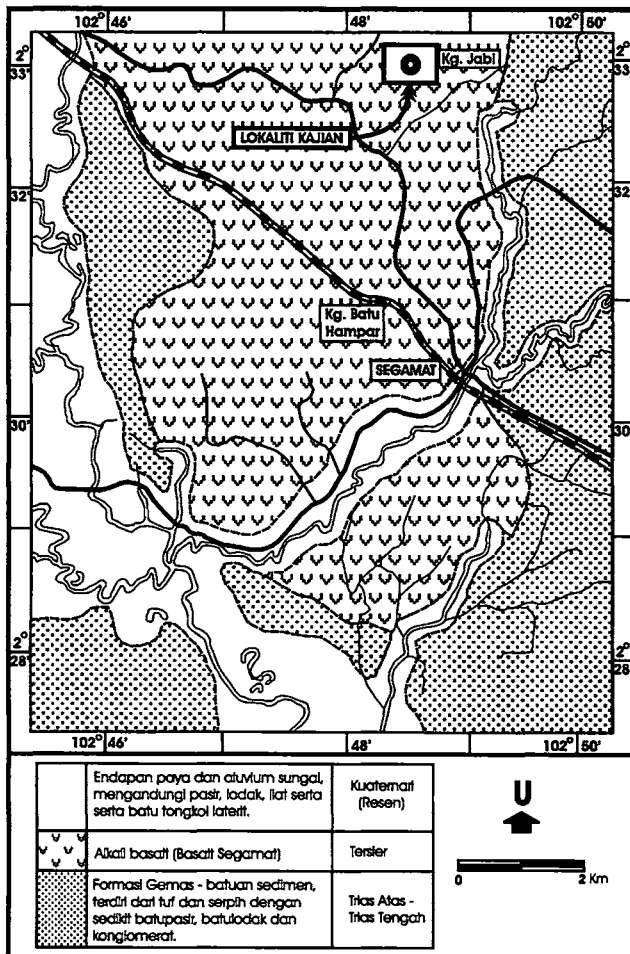
Sistem dan generasi sesar

Batuan basalt di sini didominasi oleh sistem sesar mendatar. Dua sistem sesar mendatar konjugat didapati, kebanyakannya berkemiringan sangat curam (Rajah 3C). Kebanyakan sesar mendatar juga menunjukkan gerakan

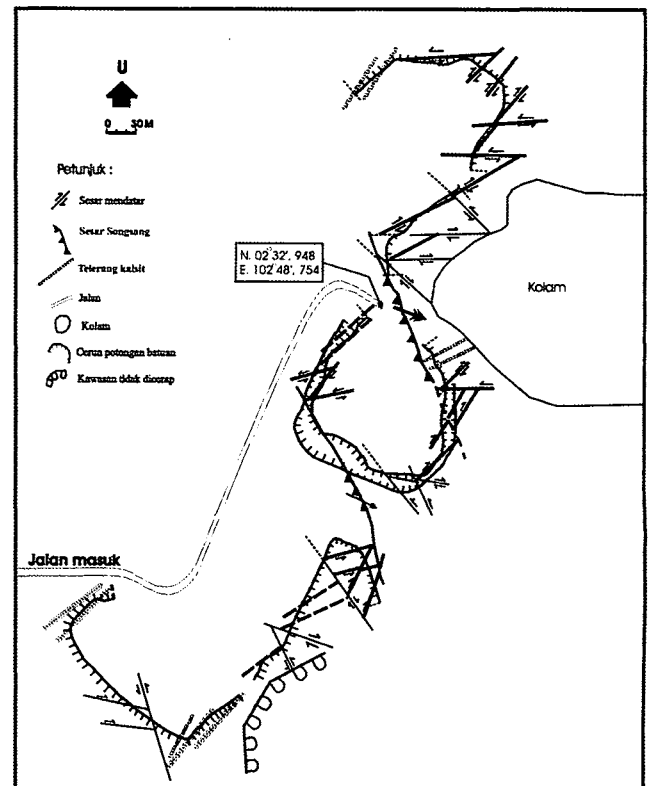
serong dengan komponen sama ada gerakan normal atau songsang dengan tukikan antara 5° hingga 20°. Selain daripada sesar mendatar, didapati juga sesar sungkup. Sesar sungkup didapati pada bahagian tengah kawasan kajian yang menjadi sempadan antara kawasan utara dan tengah dan antara kawasan tengah dan selatan (rujuk Rajah 2).

Sistem pertama yang ditafsirkan terbentuk lebih awal banyak didapati di kawasan utara dan tengah kuari dan kurang didapati di bahagian selatan. Sesar konjugat generasi pertama ini terdiri daripada sesar mendatar gelincir kanan berarah utara-timurlaut (UTL) dan sesar mendatar gelincir kiri berarah hampir timur-barat (T-B). Terdapat juga sesar hampir timur-barat yang menunjukkan gelincir kanan. Hal ini terjadi hasil daripada tindakan sistem tegasan yang menghasilkan sesar konjugat generasi kedua. Cerapan lapangan menunjukkan sesar gelincir kiri berarah timur-barat lebih dominan dan menganjakkan sesar gelincir kanan berarah timurlaut.

Sistem sesar mendatar generasi kedua didapati lebih banyak terbentuk di kawasan tengah dan selatan kuari ini. Sistem ini dicirikan oleh sesar gelincir kiri berarah sekitar selatan-tenggara (STG) hingga tenggara (TG) dan sesar gelincir kanan berkedudukan hampir timur-barat (T-B). Cerapan lapangan jelas menunjukkan sistem sesar konjugat generasi kedua menganjakkan sesar mendatar generasi pertama dan juga telarang kalsit. Jelas di sini yang sesar mendatar berarah timur-barat boleh merupakan sesar gelincir kiri (daripada sistem konjugat generasi pertama) atau sesar gelincir kanan (daripada sistem konjugat generasi kedua). Arah pergerakan ditentukan oleh garitan serta



Rajah 1. Peta geologi kawasan Segamat, Johor



Rajah 2. Sistem sesar yang terdapat di Kuaru Yam Fong, Jabi, Segamat.

jenjang cabutan dan jenjang tumbukan yang terbentuk di atas satah sesar (Rajah 3D). Sistem sesar mendatar konjugat generasi kedua memotong dan menganjakkan sistem sesar konjugat pertama dan telerang kalsit.

Sesar songsang membentuk permukaan yang agak beralun, berarah hampir selatan tenggara berkemiringan sekitar 15° hingga 25° . Garitan di atas satah sesar menunjukkan sesar songsang ini bergerak serong ke kiri dengan tukikan antara 50° hingga 75° . Sesar songsang didapati memotong sesar mendatar konjugat generasi pertama dan kedua. Terdapat dua bahagian yang mempunyai sesar-sesar songsang. Bahagian yang memisahkan bahagian utara daripada bahagian tengah terdapat satu zon sesar songsang dengan permukaan agak beralun mempunyai muka upam yang sangat baik (Rajah 3E). Di sempadan antara bahagian tengah dan bahagian selatan kuari juga terdapat beberapa satah sesar songsang yang landai dengan garitan yang baik (Rajah 2F).

Cerapan lapangan jelas menunjukkan terdapat tiga sistem sesar yang boleh diperhatikan di sini yang dihasilkan oleh dua fasa canggaan (D_1 dan D_2A & D_2B). Generasi pertama hasil daripada canggaan fasa pertama (D_1) ialah sistem sesar mendatar. Fasa canggaan kedua (D_2A) menghasilkan sistem sesar mendatar konjugat kedua dan fasa canggaan D_2B menghasilkan sistem sesar songsang yang ditafsirkan sebagai sesar generasi ketiga berdasarkan perkaitan antara sesar.

ANALISIS SESAR

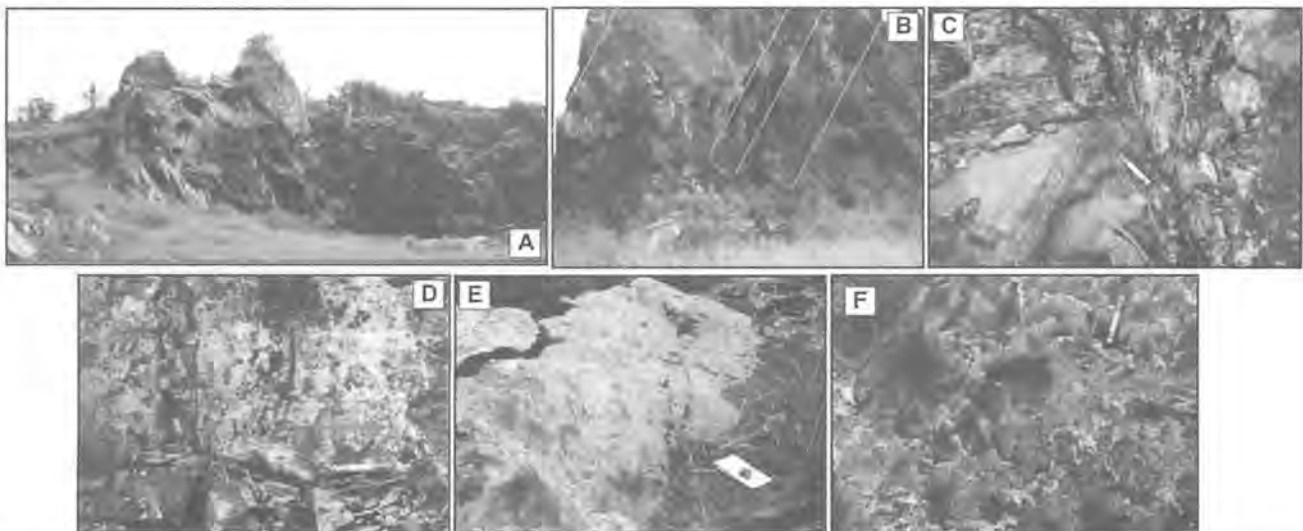
Sesar di analisis untuk mendapatkan arah-arrah tegasan utama maksimum, pertengahan dan minimum (σ_1 , σ_2 dan σ_3) yang bertanggungjawab dalam pembentukan sesar dengan bantuan program STRESS 3.1. Kedudukan satah-satah sesar dan garitan serta arah pergerakan diplotkan. Analisis sesar di bahagian utara (Segmen 1), tengah (segmen 2) dan selatan (segmen 3) dilakukan secara berasingan.

Untuk bahagian utara analisis sesar mendatar generasi pertama (hasil daripada D_1), sesar mendatar generasi kedua (hasil daripada D_2A) dan sesar songsang ia itu sesar generasi ketiga (hasil daripada D_2B) ditunjukkan dalam Rajah 4A, Rajah 4B dan Rajah 4C. Analisis untuk kawasan tengah, masing-masing ditunjukkan dalam Rajah 4D, 4E dan 4F. Bagi kawasan selatan, hanya sesar mendatar konjugat didapati dan analisis sesar bagi kawasan ini ditunjukkan dalam Rajah 4G dan 4H.

Arah-arrah tegasan utama maksimum (σ_1), pertengahan (σ_2) dan minimum (σ_3) yang berkaitan dengan sistem sesar yang dianalisis juga ditunjukkan dalam Rajah 4. Arah serta tunjangan s_1 hasil analisis bagi kawasan utara, tengah dan selatan kuari bagi canggaan pertama (D_1), kedua (D_2A) dan (D_2B) ditunjukkan dalam Jadual 1.

PERBINCANGAN DAN KESIMPULAN

Hasil analisis sesar yang terdapat di kawasan ini menunjukkan terdapat dua sistem tegasan telah bertindak. Sistem tegasan yang awal yang dikaitkan dengan canggaan generasi pertama (D_1) telah bertindak secara mampatan dari arah timur-timurlaut (TTL). Sistem tegasan ini telah menerbitkan sistem sesar mendatar konjugat berarah hampir timurlaut (TL) dan timur-barat (T-B). Sesar pada arah TL menunjukkan gerakan gelincir kanan manakala sesar berarah T-B menunjukkan gerakan gelincir kiri. Sistem tegasan berkaitan dengan canggaan kedua (D_2) bertindak dengan s_1 dari arah timur-tenggara (TTG). Sistem tegasan ini telah bertindak dalam dua fasa canggaan, fasa awal (2A) menerbitkan sistem sesar mendatar konjugat dan fasa lewat (2B) menghasilkan sesar songsang. Sistem tegasan pada fasa canggaan awal (2A) telah menerbitkan sistem sesar konjugat berarah hampir T-B dengan gerakan gelincir kanan dan arah tenggara (TG) dengan gerakan gelincir kiri. Sesar yang terbentuk akibat daripada canggaan yang dihasilkan oleh sistem tegasan kedua ini telah memotong dan



Rajah 3. Fotograf lapangan, 3A-Singkapan batuan di bahagian utara kuari, 3B-Kekar tensi di bahagian selatan kuari, 3C-Sesar mendatar konjugat yang berkedudukan hampir menegak, 3D-Garitan di atas satah sesar gelincir kiri, 3E- Satah sesar songsang yang landai dan 3F-Garitan di atas satah sesar songsang.

Jadual 1. Tunjaman dan arah tunjaman σ_1 yang berkaitan dengan fasa canggaan yang menerbitkan sesar, dalam Segamat Basalt di Kuari Yam Fong. Nota: Jenis gelincir: Ka-Kanan, Ki-Kiri, S-Songsang dan N-Normal; Arah Gelinccir: T-Timur, B-Barat, TG-Tenggara, TL-Timurlaut.

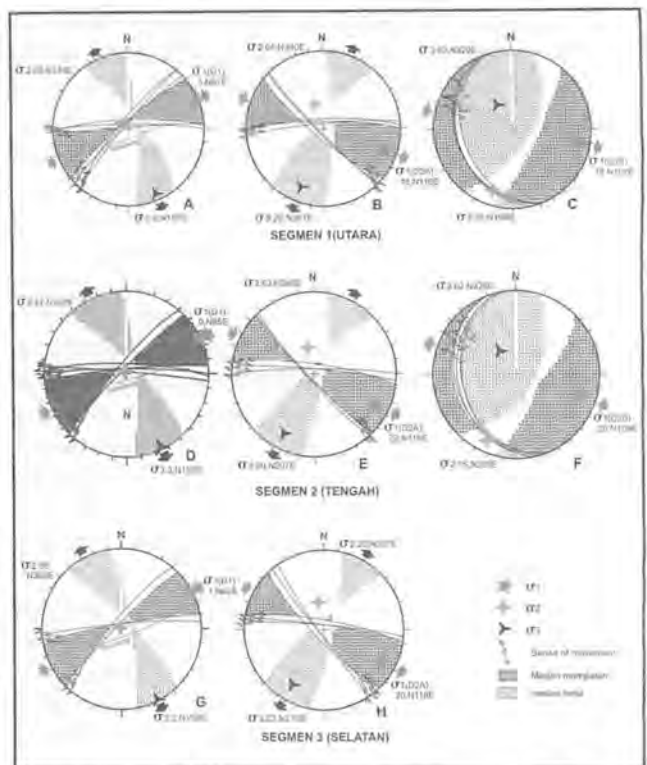
Kawasan	Fasa Canggaan	Jenis Sesar	Jurus/kemiringan purata	Jenis dan arah gelincir	σ_1 , Tunjaman dan arah tunjaman
Utara (Segmen 1)	D ₁ Rajah 4A	Mendatar konjugat	225°/78° 268°/84°	(Ka-S) ke TL (Ki-N) ke B	3°, U067°T
	D _{2A} Rajah 4B	Mendatar konjugat	267°/82° 134°/84°	(Ka-S) ke T (Ki-N) ke TG	18°, U110°T
	D _{2B} Rajah 4C	Songsang	161°/21°	(S-Ki) ke TG	18°, U102°T
Tengah (Segmen 2)	D ₁ Rajah 4D	Mendatar konjugat	225°/80° 275°/80°	Ka-S ke TL Ki-N ke B	0°, U 65°T
	D _{2A} Rajah 4E	Mendatar konjugat	274°/80° 140°/78°	Ka-S ke T Ki-N ke TG	22°, U116°T
	D _{2B} Rajah 4F	Songsang	165°/32°	S-Ki ke TG	20°, U 109°T
Selatan (Segmen 3)	D ₁ Rajah 4G	Mendatar konjugat	235°/80° 274°/82°	Ka-S ke TL Ki-N ke B	11°, U062°T
	D _{2A} Rajah 4H	Mendatar konjugat	145°/78° 276°/60°	Ki-N ke TG Ka-S ke T	20°, U118°T

menganjatkan sesar yang dihasilkan oleh sistem tegasan yang pertama. Seterusnya sistem tegasan ini juga menyebabkan canggaan fasa kedua lewat (2B), menghasilkan sesar songsang (sesar generasi ketiga) yang memotong sistem sesar konjugat.

Hasil analisis juga menunjukkan terjadi sedikit perubahan arah jurus untuk kedua-dua sesar mendatar konjugat di bahagian tengah dan selatan berbanding bahagian utara. Secara umum, arah jurus sesar di bahagian tengah dan selatan telah terputar sekitar 10° mengikut jam berbanding sesar di bahagian utara kuari. Putaran ini terjadi ditafsirkan akibat daripada gerakan yang dihasilkan oleh pergerakan sesar songsang yang merupakan yang akhir terbentuk di kawasan ini. Selain daripada itu, didapati sesar mendatar timur-barat menunjukkan gelincir kiri dan kanan. Hasil analisis jelas menunjukkan sesar arah timur barat boleh mengalami gelincir kiri akibat daripada mampatan semasa canggaan pertama dari arah timur-timurlaut. Mampatan semasa canggan kedua dari arah timur tenggara boleh mengaktifkan balik sesar arah timur-barat menyebabkan berlaku gelincir kanan.

Seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 4A, 4D dan 4G, telorang kalsit di sini mengarah timur-timurlaut. Telerang ini mungkin terbentuk dengan mengisi kekar ekstensi semasa canggan fasa pertama (D₁) dengan arah mampatan arah timur-timurlaut. Telerang ini dipotong oleh sesar mendatar generasi kedua dan sesar songsang.

Hasil kajian dan analisis sesar menunjukkan selepas Basalt Segamat diletuskan pada zaman Tersier awal, sistem mampatan masih lagi beroperasi di Jalur Tengah Semenanjung Malaysia. Mampatan dari arah TTL berubah



Rajah 4. Analisis sesar di Kuari Yang Fong. 4A, 4B dan 4C- sistem sesar konjugate generasi 1, generasi 2 dan sesar songsang (generasi 3) di bahagian utara, 4D, 4E dan 4F- sistem sesar bahagian tengah dan 4G dan 4H- sistem sesar di bahagian selatan kuari.

ke arah TTG. Hal ini menunjukkan selepas zaman Tersier awal, keadaan tektonik di semenanjung Malaysia belum betul-betul stabil, tetapi sekitaran geologi pada waktu itu cenderung untuk menyebabkan canggaan rapuh.

PENGHARGAAN

Penulis ingin merakamkan penghargaan kepada Ketua Program Geologi yang telah memberi kerjasama dan membenarkan penggunaan alat-alatan yang terdapat di Program Geologi, UKM untuk menjayakan kajian ini.

RUJUKAN

Bignell, D.J. & Snelling, N.J., 1977. K-Ar ages from basic igneous rocks from Peninsular Malaysia and Thailand. *Bull. Geol. Soc. of Malaysia* 8:89-93.

Chakraborty & Kamineni, D.C., 1978. Characteristic and classification of Segamat volcanic. *Warta Geologi, Persatuan Geologi Malaysia* 4(3):85-93.

Loganathan, P., 1974. Geology of Segamat and Durian Chondong Area (Sheet 115), Johore. *Geol. Survey of Malaysia 1974 Ann. Rept.* Kuala Lumpur, p. 120-125.

Loganathan, P., 1977. Geology of Segamat and Durian Chondong Area (Sheet 115), Johore. *Geol. Survey of Malaysia 1977 Ann. Rept.* Kuala Lumpur, p. 104-107.