

Rekontruksi Tegasan Kuno di Kawasan Penjom, Kuala Lipis, Pahang Berdasarkan Data Mesoskopis Gelinciran Sesar

HERU SIGIT PURWANTO, IBRAHIM ABDULLAH & JUHARI MAT AKHIR

Program Geologi, Fakulti Sains dan Teknologi,
Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 Bangi, Selangor, Malaysia

Abstrak

Geologi kawasan Penjom, Kuala Lipis sangat menarik, terutama struktur geologi yang mengawal geologi kawasan tersebut. Kajian terperinci dilakukan di kawasan lombong daripada syarikat "Penjom Gold Mine" yang mempunyai singkapan batuan yang sangat baik. Kawasan Penjom secara dominan terdiri daripada tuf, tuf lapili, batu pasir, batu lodak dan syal daripada Formasi Gua Musang. Di beberapa tempat terdapat batuan sedimen agak berkarbon dan batuan berusia Perm Akhir direjahi oleh mikrogranit dan telerang kuarza. Tren struktur utama kawasan ini ialah U-S dan TL-BD. Tren tersebut dipotong oleh beberapa zon sesar, sama ada sesar ricih atau sesar mendatar. Kebanyakan sesar yang bersudut curam berarah U355°-005°T atau hampir Utara Selatan dan U300°-310°T atau Baratlaut-Tenggara menunjukkan gerakan atau gelincir ke kanan, manakala yang berarah U035°-045°T atau Timurlaut-Baratdaya menunjukkan gelincir ke kiri. Sejarah tegasan atau tegasan kuno yang beroperasi pada masa atau selepas pembentukan sesar ditentukan oleh pergerakan atau gelincir yang berlaku di atas satah sesar berkenaan dengan menggunakan semua maklumat yang didapati daripada data struktur meso yang diperhatikan di atas satah sesar. Sejarah tegasan kuno yang telah bertindak ditentukan berdasarkan perkaitan saling memotong antara satah-satah sesar yang terdapat. Berdasarkan kepada data gelinciran sesar (satah sesar, tukikan dan arah tukikan), disimpulkan bahawa dua tegasan kuno yang awal merupakan tegasan mampatan, masing-masing bertindak dari UTL-SBD ($\sigma_1=17^\circ-22^\circ \rightarrow U203^\circ-209^\circ T$) dan U-S ($\sigma_1=13^\circ-14^\circ \rightarrow U182^\circ-204^\circ T$), diikuti oleh keadaan ekstensi ke arah TTG-BBL ($\sigma_3=66^\circ \rightarrow U137^\circ T$). Akhir sekali kawasan ini mengalami keadaan mampatan dari arah BL-TG ($\sigma_1=14^\circ-21^\circ \rightarrow U324^\circ-326^\circ T$).

Paleostress Reconstruction of Penjom Area, Kuala Lipis Based on Mesoscopic Fault Slip Data

Abstract

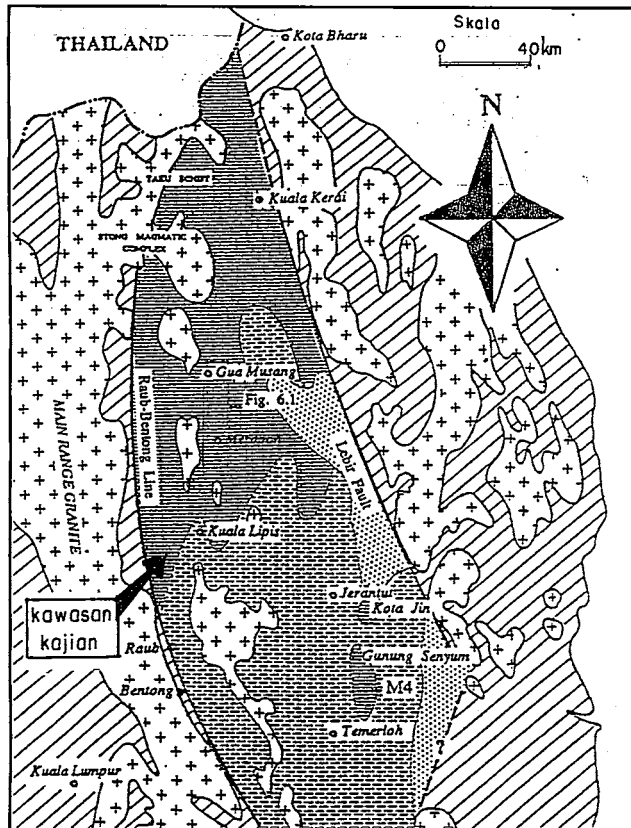
The geology of the Penjom area, Kuala Lipis is controlled by geological structures. A detailed geological study was conducted at the Penjom Gold Mine that shows very good rock exposures. The area is dominantly covered with tuff, lapilli tuff, sandstone, siltstone and shale of the Gua Musang Formation. At some localities, the rocks are carbonaceous, and this Late Permian rock formation was cut by microgranite intrusions and quartz veins. The major geological structural trends in the Penjom area are aligned in the N-S and NE-SW directions. These structural trends were intercepted by several fault zones which could be classified as either shear or lateral fault zones. Most of the high angle N-S and NW-SE trending faults show right lateral movement or slip, while those trending NE-SW indicate left lateral movement. The stress history or paleostresses in the area, which were operating at the time or after the formation of the fault planes is determined by the movement or slip that took place on the fault planes, using all the available slip data of the meso-structures observed on the fault planes. The paleostress history is constructed based on the crosscutting relationship and the displacement of the fault zones. Based on the fault slip data (fault planes, pitches and pitch directions), it is concluded that the first two paleostresses that were operating in this area were compressional. They were acting from NNE-SSW ($\sigma_1=17^\circ-22^\circ \rightarrow N203^\circ-209^\circ E$), and N-S ($\sigma_1=13^\circ-14^\circ \rightarrow N182^\circ-204^\circ E$), respectively; followed by an extensional phase towards ESE-WNW ($\sigma_3=66^\circ \rightarrow N137^\circ E$). Finally the area had undergone compressional stress from a SE-NW ($\sigma_1=14^\circ-21^\circ \rightarrow N324^\circ-326^\circ E$) direction.

PENDAHULUAN

Kawasan Penjom terletak lebih kurang 7 km kearah selatan dari Kuala Lipis, Negeri Pahang dan di sebelah timur garis atau sutura Bentong-Raub (Rajah 1). Terdapat lombong emas yang sedang diusahakan oleh syarikat "Penjom Gold Mine" (Avocet Mining PLC). Di lombong ini terdapat banyak singkapan batuan dan satah sesar yang membolehkan kajian untuk menentukan arah tegasan kuno berdasarkan kepada pengukuran dan analisis unsur struktur

mesoskopis, di kawasan tersebut. Pengukuran dan analisis tegasan kuno merupakan peringkat awal daripada penyelidikan untuk mengetahui pola mineralisasi yang cuba dikaitkan dengan pola sesar dan pola tegasan yang mungkin mengawal pola pemineralan kawasan Penjom dan Malaysia pada amnya.

Secara am di kawasan Penjom terdapat 2 arah jalur sesar, iaitu TL-BD (Penjom Shear) dan jalur sesar dengan arah U-S. Kedua-dua jalur sesar tersebut mengawal permineralan emas di kawasan tersebut (Corbett, 1987).



Rajah 1: Kedudukan kawasan kajian.

Pola struktur dan pola tegasan rantau dapat mempengaruhi pola struktur dan pola tegasan tempatan. Secara tempatan struktur dan pola tegasan boleh juga berlainan daripada pola rantau.

Perkara-perkara yang ditekankan dalam penyelidikan ini antaranya ialah; pertama, untuk mengetahui masa pembentukan pola sesar di kawasan Penjom ini terjadi dalam masa yang sama atau berlainan. Kedua, untuk menentukan sama ada struktur-struktur sesar tersebut terbentuk akibat daripada tindakan satu atau beberapa arah pola tegasan. Pola tegasan tempatan di sesuatu kawasan dipercayai mempengaruhi pola dan sejarah pemineralan kawasan tersebut. Kajian ini diharapkan dapat memberikan sumbangan data dan pemikiran mengenai genesis canggaan rapuh yang melibatkan tektonik kawasan Penjom khususnya dan Semenanjung Malaysia amnya.

GEOLOGI KAWASAN PENJOM

Penjom merupakan kawasan pergunungan yang terdiri daripada batuan sedimen dan batuan volkano-klastik, berumur Perm (Yin, 1985). Berdasarkan pengamatan lapangan, kawasan ini secara dominan terdiri dari batuan piroklastik dan volkano-klastik (tuf, tuf lapilli) dan batuan sedimen (silt, syal, batu pasir dan batu kapur). Secara am jurus lapisan adalah kearah utara-selatan dan miring kearah timur dan dimasukkan ke dalam Formasi Gua Musang, berumur Permian Akhir (Hutchison, 1982). Batu pasir dengan ketebalan 20 cm-100 cm berselang-lapis dengan

batulodak, syal dan lapisan berkarbon, ditindih oleh selang-lapis batupasir, tuf, lapilli tuf dengan ketebalan 20-150 cm. Pecahan batuan pada lapilli tuf terdiri daripada andesit, andesit porfir dan batu pasir. Rejahan mikrogranit telah berlaku di kawasan ini semasa Trias Akhir.

Struktur geologi kawasan Penjom secara am terdiri dari zon ricih dan zon sesar dengan arah $U355^{\circ}-010^{\circ} T$ dan $U035^{\circ}-045^{\circ} T$. Selain daripada itu terdapat juga beberapa retakan ekstensi dengan arah $U 280^{\circ}-330^{\circ} T$ serta lipatan-lipatan kecil yang merupakan lipatan seret. Sebahagian besar unsur struktur di kawasan ini terisi kuarza.

Sebahagian telerang kuarza memotong dan ada pula yang mengikuti perlapisan pada lapisan batuan sedimen berkarbon dan batuan volkano-klastik yang seterusnya menjadi "stockwork" atau struktur jaring di bahagian atas. Secara umum telerang kuarza mengikuti arah zon ricih dan zon sesar dan pemineralan banyak didapati pada telerang kuarza dan di sekitar batuan dinding.

Di kawasan Penjom alterasi amnya terjadi secara intensif di sekitar jasad rejahan. Alterasi atau ubahan terjadi melalui proses pensilikaan, pengkaolinan, pengkloritan dan antara mineral yang hadir ialah emas, pirit, kalkopirit, arsenopirit, sfalerit dan turmalin.

KAEDAH KAJIAN

Rekontruksi arah-arah tegasan kuno yang terakam pada batuan dilakukan berdasarkan kepada data daripada struktur yang terbentuk semasa canggaan rapuh. Maklumat pada sesar dan kekar meso iaitu tukikan, kedudukan, jenis sesar dan arah pergeserannya diukur. Rekontruksi tegasan kuno dilakukan dengan menggunakan program Stress versi 2.2 (Angelier, 1975, 1976, 1979), yang kemudian digabungkan dengan analisis dengan kaedah stereograf. Contoh maklumat dan hasil analisis di dua lokaliti di Kelampong Timur ditunjukkan dalam Rajah 2.

Lebih kurang 250 kedudukan kekar ricih dan sesar-sesar minor dengan 171 tukikan dan arah tukikan serta beberapa satah sesar major daripada 43 lokasi pengamatan diukur. Maklumat itu kemudiannya dikelompokkan dalam 3 kawasan iaitu kawasan Manik, kawasan Jalis dan kawasan Kelampong East Hasil analisis ditunjukkan dalam Rajah 3.

HASIL ANALISIS

Hasil analisis yang dilakukan dikelompokkan kepada tiga kawasan atau mandala, iaitu Mandala Manik, Mandala Jalis dan Mandala Kelampong Timur.

Mandala Manik – Pengukuran di Mandala Manik di bagi dalam 4 kelompok kawasan iaitu Lp. 01, Lp. 02, Lp 03 dan Lp.04. Untuk lokasi pengamatan 01 (Lp. 01) dengan 9 pengukuran unsur struktur mesoskopis pada sesar gelincir kanan normal (dekstral normal) dengan kedudukan am $120^{\circ}/80^{\circ} BD$ dan am $005^{\circ}/80^{\circ} T$, masing-masing menghasilkan tunjangan dan arah tegasan utama maksimum $\sigma_1 = 25^{\circ} \rightarrow U325^{\circ} T$ dan $\sigma_2 = 28^{\circ} \rightarrow U043^{\circ} T$. Lokasi 02, pengukuran 7 unsur struktur sesar pada jalur sesar gelincir

kanan normal $05^{\circ}/70^{\circ}T$ menghasilkan kedudukan tegasan $\sigma_1=29^{\circ}\rightarrow U204^{\circ}T$. Lokasi 03, pengukuran 9 unsur struktur sesar pada jalur sesar gelincir kiri songsang ("reverse left lateral slip fault") $045^{\circ}/80^{\circ}BL$, menghasilkan kedudukan tegasan $\sigma_1=04^{\circ}\rightarrow 351^{\circ}T$ dan pengukuran sesar gelincir kanan songsang ("reverse right lateral slip fault") $325^{\circ}/40^{\circ}TL$ menghasilkan tegasan $\sigma_1=11^{\circ}\rightarrow U196^{\circ}T$. Lokasi 04, 6 pengukuran unsur struktur sesar pada jalur sesar gelincir kiri normal ("normal left lateral slip fault") $220^{\circ}/70^{\circ}BL$ menghasilkan kedudukan tegasan $\sigma_1=33^{\circ}\rightarrow U169^{\circ}T$.

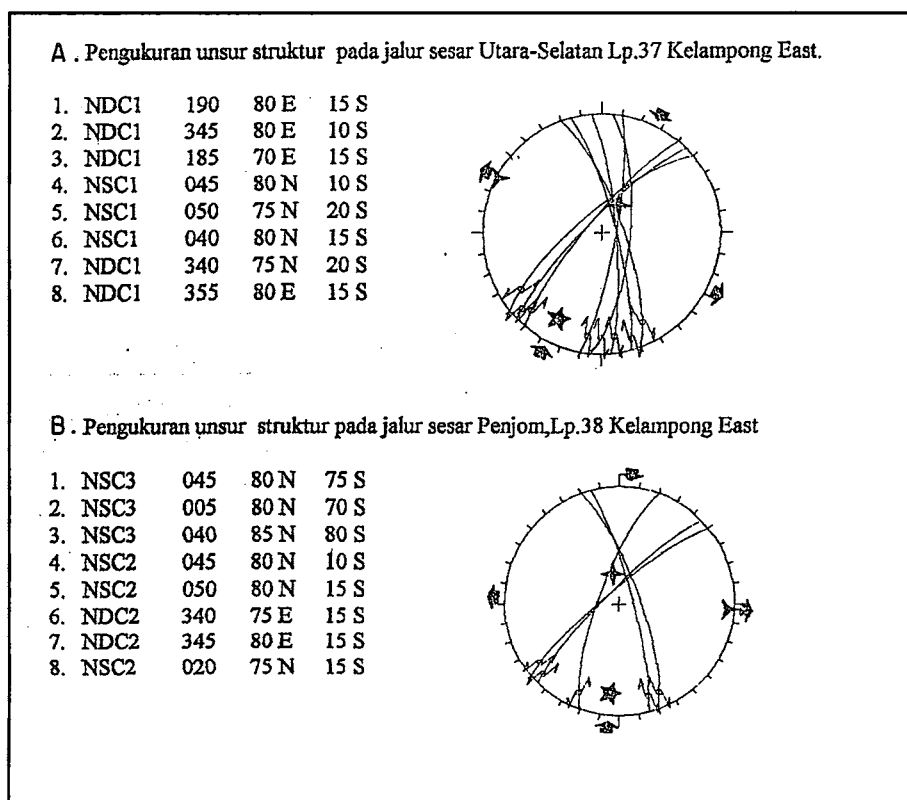
Selanjutnya hasil dari kelompok pengukuran unsur struktur sesar dari arah dan kedudukan yang sama, pada kawasan Manik dapat di hasilkan 3 pola arah kedudukan tegasan kuno iaitu pertama arah kedudukan tegasan $\sigma_1=22^{\circ}\rightarrow U213^{\circ}T$ menghasilkan sesar gelincir kanan dengan kedudukan am $005^{\circ}/80^{\circ}T$, kedua arah kedudukan tegasan $\sigma_1=14^{\circ}\rightarrow U182^{\circ}T$ menghasilkan sesar gelincir kanan normal dengan kedudukan am $255^{\circ}/75^{\circ}BL$, kemudian ketiga, arah kedudukan tegasan $\sigma_1=25^{\circ}\rightarrow U326^{\circ}T$, menghasilkan sesar gelincir kanan normal dengan kedudukan am $130^{\circ}/75^{\circ}BD$. Maklumat analisis disimpulkan dalam (Rajah 4).

Mandala Jalis – Pengukuran unsur struktur sesar di kawasan Jalis dikelompok mengikut lokasi iaitu LP05, 06, 07, 08 dan 09. Di lokasi 05. Hasil analisis unsur struktur sesar yang diukur pada satuan batuan vulkano-klastik, didapati 2 kedudukan pola tegasan, iaitu arah tegasan $\sigma_1=22^{\circ}\rightarrow U208^{\circ}T$ dan kedudukan tegasan $\sigma_1=14^{\circ}\rightarrow U326^{\circ}T$.

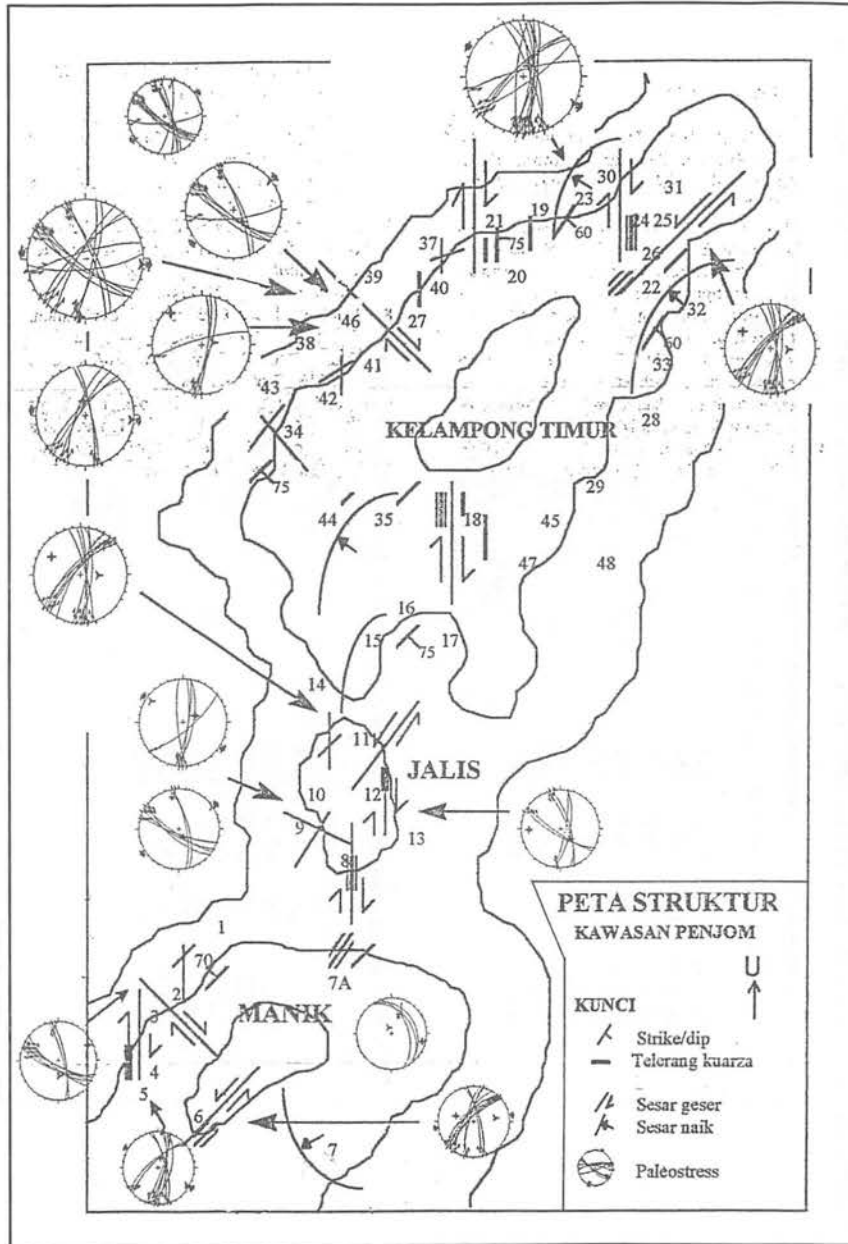
Lokasi 06, pengukuran unsur struktur mesoskopis pada satuan batupasir, menghasilkan arah kedudukan tegasan $\sigma_1=17^{\circ}\rightarrow U201^{\circ}T$. Lokasi 07, daripada 8 pengukuran pada jalur sesar $005^{\circ}/80^{\circ}E$ didapati arah tegasan $\sigma_1=20^{\circ}\rightarrow U196^{\circ}T$ dan pengukuran pada jalur sesar U-S yang terdapat unsur gelinciran songsang didapati arah tegasan $\sigma_1=04^{\circ}\rightarrow U031^{\circ}T$. Di lokasi 09, dengan 6 pengukuran unsur struktur pada jalur sesar U-S pada batuan vulkan-klastik, di dapati arah tegasan $\sigma_1=07^{\circ}\rightarrow U211^{\circ}T$.

Berdasarkan hasil pengukuran, di Mandala Jalis seperti diatas, didapati 2 pola arah tegasan kuno, iaitu pertama $\sigma_1=17^{\circ}\rightarrow U209^{\circ}T$ yang telah menghasilkan sesar gelincir normal dengan kedudukan am $005^{\circ}/75^{\circ}T$. Yang kedua mempunyai arah tegasan kuno $\sigma_1=14^{\circ}\rightarrow U326^{\circ}T$, menghasilkan sesar gelincir normal dengan kedudukan am $120^{\circ}/75^{\circ}BD$. (Rajah 4).

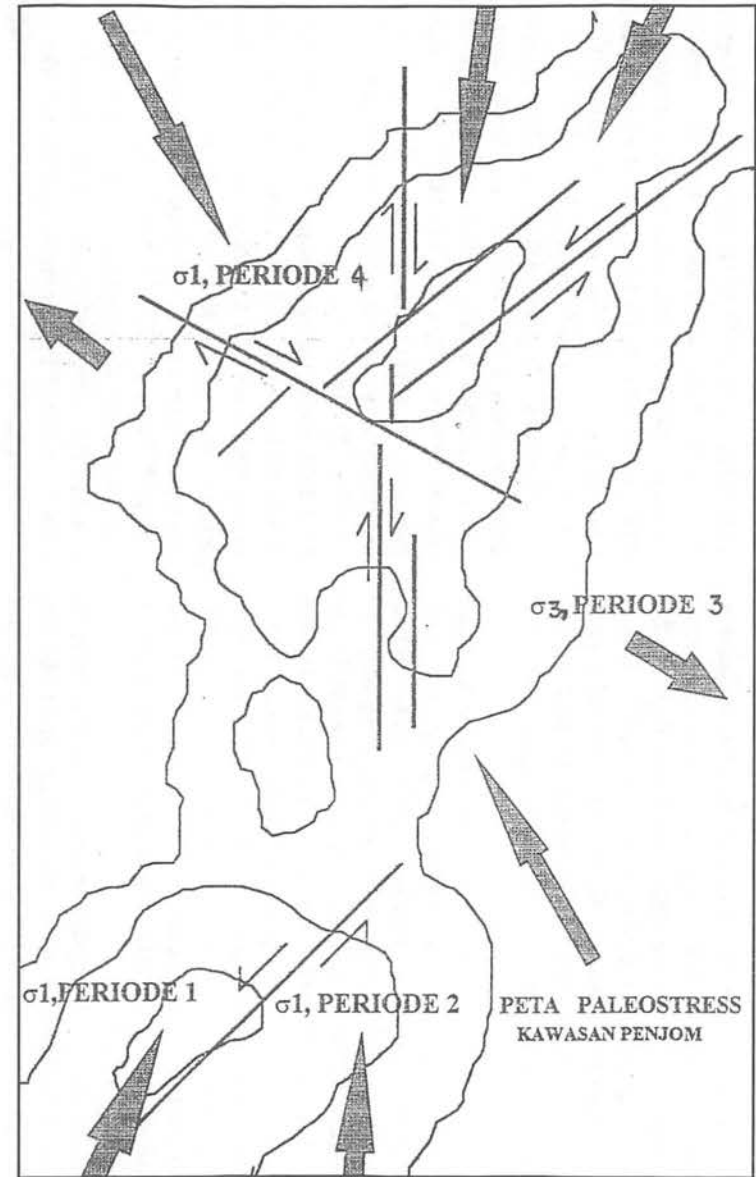
Mandala Kelampong Timur – Kawasan Kelampong Timur relatif lebih luas dan kompleks dan pengukuran dikelompok dalam 11 kawasan. Dua kawasan merupakan pengukuran pada jalur sesar songsang (lokasi 11,15) dengan masing-masing analisis mendapati arah tegasan $\sigma_1=02^{\circ}\rightarrow U107^{\circ}T$ dan $\sigma_1=03^{\circ}\rightarrow U344^{\circ}T$. Selanjutnya jalur sesar mendatar dapat dibahagiakan kepada arah U-S, TL-BD dan BL-TG. Jalur sesar U-S menghasilkan arah tegasan $\sigma_1=17^{\circ}\rightarrow U209^{\circ}T$. Kelompok pengukuran jalur sesar TL-BD menghasilkan arah tegasan $\sigma_1=14^{\circ}\rightarrow U204^{\circ}T$, manakala untuk kelompok jalur sesar BL-TG menghasilkan arah tegasan $\sigma_1=21^{\circ}\rightarrow U324^{\circ}T$. Disamping itu beberapa pengukuran pada pergerakan sesar normal, iaitu pada lokasi



Rajah 2: Pengukuran unsur struktur bada satah sesar dan plot analisis tegasan penyebab. Bintang lima –kedudukan σ_1 ; Bintang empat–kedudukan σ_2 dan Bintang tiga –kedudukan σ_3 .



Rajah 3: Hasil analisis arah tegasan kuno untuk Mandala Manik, Jalis dan Kelampong Timur.



Rajah 4: Tafsiran urutan sejarah tegasan kuno di kawasan kajian.

17, mendapati arah tegasan $\sigma_1 = 66^\circ \rightarrow U137^\circ T$ seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 3.

PENAFSIRAN KRONOLOGI TEGASAN KUNO

Penafsiran kronologi tegasan kuno dibuat berdasarkan hasil pengukuran unsur struktur pada 3 kawasan, iaitu Manik, Jalis dan Kelampong Timur. Seperti yang ditunjukkan dalam hasil analisis di atas, pola tegasan kuno di kawasan Penjom terdiri dari empat arah. Selanjutnya kerana usia satuan batuan di kawasan Penjom ditafsirkan Perm Akhir dan rejahan mikrogranit berusia Trias Akhir, dan semua unsur sesar meso memotong semua batuan, maka pola tegasan kuno itu ditafsirkan terjadi pada masa atau selepas Trias Akhir.

Untuk menentukan urutan arah tegasan kuno tersebut, digunakan perkaitan saling memotong dan banyak atau sedikitnya macam arah dan kedudukan sesar di sekitar jalur sesar yang diukur dan dianalisis. Berdasarkan maklumat tersebut maka ditafsirkan bahawa arah pola tegasan kuno yang pertama terjadi adalah arah s_1 berkisar ($17^\circ-22^\circ \rightarrow U209^\circ-213^\circ T$) yang menghasilkan sesar yang berarah U-S. Kedua, dengan arah tegasan σ_1 antara ($13^\circ-14^\circ \rightarrow U182^\circ-204^\circ T$), menghasilkan sesar-sesar yang berarah TL-BD dan ketiga, adalah pembentukan beberapa sesar geser turun dengan arah TL-TG yang dihasilkan dalam keadaan ekstensi hasil dengan arah tegasan kuno $\sigma_3 = 66^\circ \rightarrow U137^\circ T$. Akhirnya keadaan mampatan dengan arah tegasan s_1 antara ($14^\circ-21^\circ \rightarrow U324^\circ-326^\circ T$) menghasilkan sesar mendatar yang berarah BL-TG dan sesar-sesar songsang dengan arah TL-BD (Rajah 4).

KESIMPULAN

Berdasarkan pengukuran di lapangan dan analisis daripada tegasan kuno di kawasan perlombongan Penjom, maka dapat disimpulkan urutan tindakan tegasan yang terjadi selepas Trias secara tempatannya seperti berikut;

Tegasan kuno secara mampatan pertama terjadi dengan arah $\sigma_1 = (17^\circ-22^\circ \rightarrow 203^\circ-209^\circ T)$ menghasilkan sesar-sesar mendatar yang berarah U-S, yang diikuti oleh tegasan yang kedua dengan $\sigma_1 = (13^\circ-14^\circ \rightarrow U182^\circ-204^\circ T)$ menghasilkan sesar-sesar mendatar dengan arah TL-BD.

Tegasan kuno ekstensi dengan arah tegasan $\sigma_1 = 66^\circ \rightarrow U137^\circ T$ menghasilkan sesar mendatar normal dengan arah TL-BD.

Tegasan mampatan dengan $\sigma_1 = 14^\circ-21^\circ \rightarrow U324^\circ-326^\circ T$ menghasilkan sesar-sesar mendatar BL-TG dan sesar mendatar songsang dengan arah TL-BD.

PENGHARGAAN

Makalah ini dapat diselesaikan dengan bantuan dari berbagai pihak. Ucapan terima kasih ditujukan kepada Manager dan staf Penjom Gold Mine atas kebenaran mengambil data geologi di kawasan tersebut. Ketua Program Geologi UKM telah menyediakan berbagai kemudahan sehingga kajian ini dapat dilaksanakan.

RUJUKAN

- Angelier, J. 1979. Determination of The Mean Principal direction of Stresses For a Given Fault Population, *Tectonophysics*, 56:17-26.
- Angelier, J., 1989. From orientation to magnitudes in paleostress determinations using fault slip data. *Journal of Structural Geology*, 11(1/2):37-50.
- Angelier, J., Tarantola, A., Valette, B. & Manoussis, S., 1982. Inversion of field data-in fault tectonics to obtain the regional stress. Single phase fault population : a new method of computing the stress tensor. *Geophys.J.R. astr. Soc.* 69:607-621.
- Corbett, G.J. & Leach, T. M., 1995. *S.W Pacific Rim Au/Cu systems : Structure, Alteration and Mineralization*. (Short Course), Vancouver, Canada.
- Harding, T.P., 1974. Petroleum traps associated with wrench faults. *The American Association of Petroleum Geologists Bulletin*. 58(7):1290-1304.
- Kidd, R., 1998. Overview of exploration, geology, mineralization and resource estimation, *Geology Report of Penjom Gold Mine*, unpublished.
- Tchalenko, J.S., 1970. Similarities between Shear Zones of Different Magnitudes. *Geological Society of America Bulletin*, 81:1625-1640.
- Tjia, H.D., 1978. Structural geology of Peninsular Malaysia. *Third Geology & Mineral Regional Conference, Bangkok, Thailand*, 673-681.
- Yin, E.H., 1985. Peta Geologi Semenanjung Malaysia. Skala: 1:500,000. Jabatan Penyiasatan Kajibumi Malaysia.