

## Perubahan batuan dinding berkaitan dengan permineralan emas di Penjom Gold Mine, Pahang, Malaysia

WAN FUAD WAN HASSAN DAN HERU SIGIT PURWANTO

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

**Abstrak:** Kawasan Penjom, Kuala Lipis, Pahang, merupakan kawasan lombong emas yang sedang giat dikerjakan. Batuan dasar kawasan Penjom terdiri daripada batuan sedimen (batu lodak, batu pasir dan batu kapur) dan batuan vulkanik (tuf dan tuf litik) iaitu sebahagian daripada Formasi Gua Musang, berusia Perm Akhir. Jujukan batuan sedimen direjahi oleh batuan igneus yang terdiri daripada mikrogranit, riodasit dan telerang kuarza. Permineralan utama ialah emas yang wujud bersama dengan pirit, kalkopirit, galena, arsenopirit dan sfalerit yang secara am terjadi pada zon perubahan batuan. Perubahan batuan dinding yang terjadi di kawasan Penjom secara dominan disebabkan oleh adanya proses hidroterma, batuan rejahan, zon sesar dan zon telerang kuarza. Jenis-jenis perubahan batuan yang dikenalpasti adalah pensilifikasian, penargilitan dan penkloritan yang ditunjukkan oleh pembentukan mineral sekunder melebihi mineral primer. Perubahan pensilifikasian ditunjukkan dengan kehadiran mineral silika sekunder lazimnya terjadi di sekitar sesar dan berdekatan rejahan. Perubahan penargilitan ditunjukkan dengan kehadiran secara dominan mineral lempung, seperti montmorilonit, illit dan limonit, umumnya terjadi di kawasan rejahan dan zon sesar di luar zon pensilifikasian. Perubahan penkloritan ditunjukkan dengan kehadiran secara dominan mineral klorit, epidot dan karbonat, yang umumnya terjadi di zon luar, di bahagian luar zon pensilifikasian dan zon penargilitan.

**Abstract:** Penjom in Kuala Lipis, Pahang, is an active mining area. The bedrock of the area consists of volcanoclastic rocks (tuff and lithic tuff) and sedimentary rocks (sandstone, siltstone and limestone), being part of the Permian Gua Musang formation. The volcanics and sedimentary sequences are later being intruded by microgranite, rhyodacite and quartz veins. The main mineralization in the area is gold, associated with pyrite, chalcopyrite, galena, arsenopyrite and sphalerite which is generally found in the alteration zones. Wall rock alteration in Penjom is due to the interaction of hydrothermal activity, igneous intrusions, quartz veins and fault zones. Three dominant types of alteration recognized are silicification, argillic alteration and chloritisation, marked by a prolific development of secondary minerals over the primary minerals. Silicification is marked by the development of secondary quartz, generally around the intrusions. Argillic alteration is marked by the development of clay minerals such as montmorillonite and illite and limonite generally around the intrusions and fault zones outside the silicified zone. Chloritic alteration is marked by the presence of chlorite, epidote and carbonate, developed generally in the outer-most zone outside the silicification and argillic zones.

### PENDAHULUAN

Penjom terletak kira-kira 7 kilometer ke selatan Kuala Lipis, Negeri Pahang. Kegiatan melombong emas di kawasan Penjom bermula sebelum kedatangan Pentadbiran British di Pahang (1888) lagi. Perlombongan ketika itu dilakukan secara kecil-kecilan, iaitu dengan melombong pasir aluvium. Pada tahun 1989 Syarikat Avocet PLC, sebuah syarikat yang berdaftar di London mendapat kebenaran melakukan penjelajahan emas di kawasan ini. Kerja-kerja penjelajahan ini mendapati Penjom berpotensi tinggi, lalu perlombongan besar-besaran secara lombong dedah terhadap batuan oleh syarikat sekarang bermula pada tahun 1996. Dianggarkan terdapat 3 juta ton bijih emas bergred 3.53 gm/tonn. (Kidd, 1998).

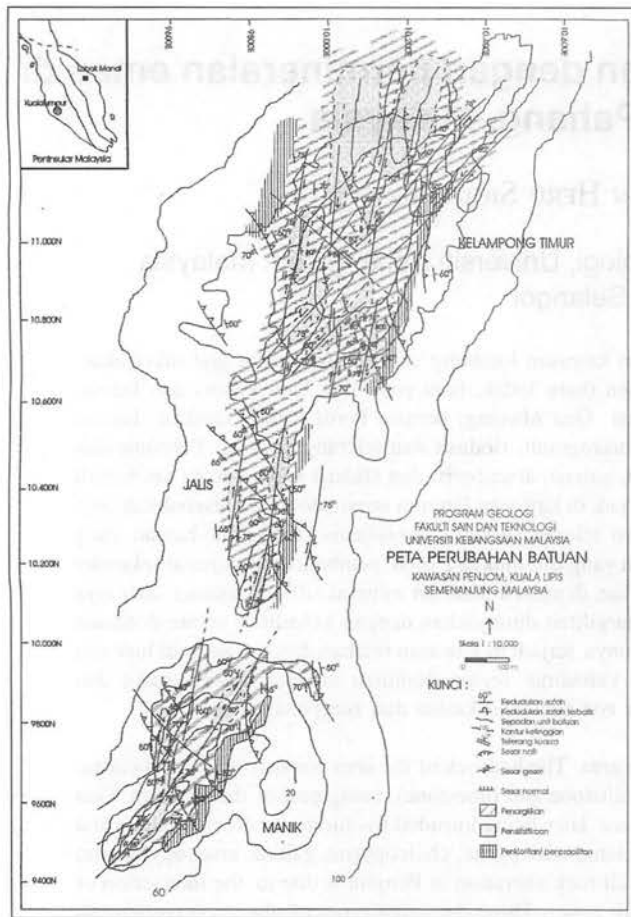
### GEOLOGI KAWASAN PENJOM

Berdasarkan penyelidikan lapangan, kawasan Penjom secara dominan terdiri daripada batuan vulkanoklastik (tuf dan tuf berbatu) dan batuan sedimen (batu lodak, batu pasir

dan batu kapur) yang mengikut Mohd Shafeea Leman (1995) adalah sebahagian daripada Formasi Gua Musang, berusia Perm Akhir. Di beberapa tempat batuan sedimen berasosiasi dengan lapisan berkarbon, berwarna kelabu hingga kehitaman dan berlaminasi. Lapisan-lapisan batuan sedimen ini dipotong oleh rejahan igneus, yang terdiri daripada riodasit dan mikrogranit.

Struktur utama di kawasan Penjom terdiri daripada zon sesar berarah N 005°E (utara-selatan) dan retakan ricih ("shear fractures") yang berarah N 035°E (timurlaut-baratdaya) (Rajah 1). Batuan rejahan, zon sesar dan retakan ricih mengawal perubahan batuan dinding dan permineralan di kawasan ini. Zon sesar dan retakan ricih diisi oleh telerang kuarza, yang memotong batuan vulkanik dan batuan sedimen. Secara am telerang kuarza mengisi zon sesar dan retakan-retakan ricih dengan arah N 005°E dan N 035°E. Struktur sesar terdiri daripada zon sesar (N 355°E - N 010°E), retakan ricih (N 035°E - N 045°E), rekahan ekstensi dan lipatan-lipatan kecil (Heru Sigit *et al.*, 2000)

Arah jurus perlapisan adalah timurlaut - baratdaya dan baratlaut - tenggara. Batu pasir dengan ketebalan 20-100cm



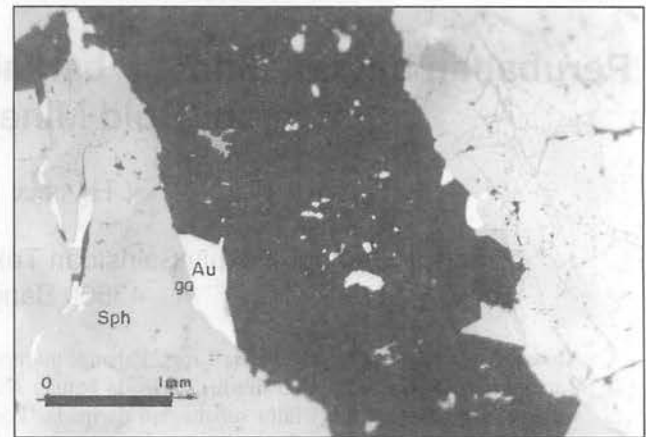
Rajah 1. Peta perubahan batuan dinding menunjukkan zon-zon pengargilitan, pensilifikasian dan penkloritan/pempropilitan. Ditunjukkan juga struktur-struktur geologi kawasan lombong dan bahagian-bahagian iaitu Kelampong Timur, Jalis dan Manik di kawasan Lombong Penjom.

berselang lapis dengan batu lumpur, batu lodak dan lapisan syal berkarbon. Di atas lapisan ini terendap selang lapis batu pasir, tuf, tuf litik dengan ketebalan 20 - 150 cm. Klasta pada tuf lapili terdiri daripada andesit, batu pasir dan riodasit.

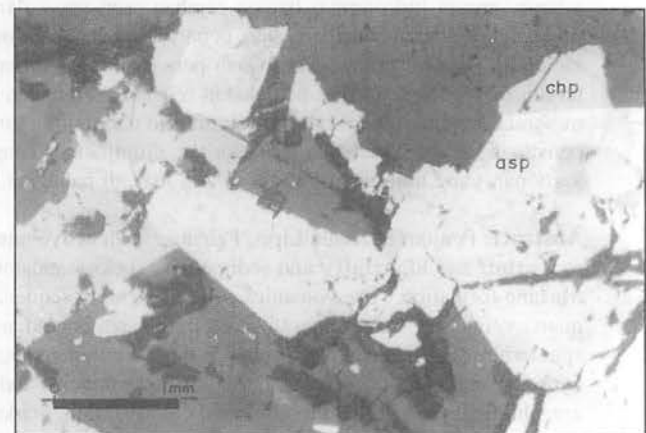
Batuan rejan yang mengandungi biotit, muskovit, ortoklas dan kuarza dianggap sebagai mikrogranit manakala yang mengandungi plagioklas, piroksen serta kuarza pula dianggap sebagai riodasit. Telerang kuarza yang didapati memotong atau selari dengan peralapisan batuan sedimen dan batuan vulkanoklastik. Pada sesetengah lapisan batuan sedimen terutama yang mengandungi karbon didapati dipotong oleh telerang kalsit.

## PERMINERALAN

Permineralan utama di kawasan ini terdiri daripada emas, yang wujud bersama dengan pirit, kalkopirit, arsenopirit, galena, turmalin dan sfalerit. Permineralan ini terdapat pada zon perubahan batuan jenis pensilifikasian dan penargilitan, sedangkan pada zon perubahan penkloritan selalunya terdapat mineral sulfida seperti pirit



Rajah 2. Irisan gilap menunjukkan emas (Au) terdapat dalam telerang halus bersama-sama kuarza, sfalerit (sph) dan galena.



Rajah 3. Irisan gilap menunjukkan kalkopirit (chp) iaitu mineral kemudian mengisi retakan-retakan dan juga mengepung arsenopirit (asp) yang terbentuk lebih awal.

dan kalkopirit. Permineralan emas bersekutuan dengan peralapisan berkarbon.

Berdasarkan irisan gilap didapati mineral emas wujud dalam telerang kuarza bersama-sama dengan mineral kalkopirit, arsenopirit dan galena (Rajah 2), dan di beberapa tempat lain pula bersamaan dengan mineral sfalerit. Mineral pirit, arsenopirit dan sfalerit biasanya mempunyai banyak retakan seperti bertekstur kataklastik, dan retakan-retakan ini diisi oleh kalkopirit dan emas (Rajah 3). Ditafsirkan mineral emas dan kalkopirit terbentuk kemudian daripada pirit, arsenopirit dan sfalerit. Akan tetapi terdapat juga pirit yang mempunyai bentuk hablur euhedron, yang ditafsir terbentuk bersama dengan emas dan kalkopirit. Kehadiran mineral sulfida dan emas menempati zon sesar dan telerang kuarza, sehingga kawasan Penjom merupakan endapan emas jenis telerang sulfida kuarza-karbonat dan dikawal oleh sesar (Corbett dan Leach, 1995).

## PERUBAHAN BATUAN

Proses perubahan batuan amnya berlaku di sekitar batuan dinding yang direjahi oleh batuan igneus, zon sesar

dan telarang kuarza. Pembahagian sempadan kawasan perubahan batuan secara jelas sukar di tentukan, kerana perubahan tersebut terjadi secara beransur-ansur.

Zon sesar dan retakan ricih yang berarah N005°E dan berarah N035°E secara am mengawal proses perubahan batuan dan permineralan (Ibrahim Abdullah *et al.*, 2000). Telarang hidroterma memotong semua lapisan batuan induk sehingga mengubah mineral primer yang dilaluinya menjadi mineral sekunder. Perubahan batuan dinding berdasarkan mineral sekunder yang terbentuk di kawasan Penjom dapat dikelaskan sebagai pensilisifikasian, penkloritan (pempropolitan), penserisitan dan penargilitan.

**Pensilisifikasian**

Berdasarkan kajian lapangan perubahan batuan dinding ini terjadi terutamanya berdekatan dengan zon sesar, batuan rejanan dan telarang kuarza. Pada zon telarang kuarza perubahan jenis pensilisifikasian ditunjukkan dengan kehadiran mineral perubahan yang berasal daripada mineral primer iaitu biotit, muskovit, kuarza dan k-felspar yang menjadi mineral silika sekunder sehingga dikenali sebagai perubahan K-silikat. Telarang kuarza memotong semua batuan samada batuan rejanan mahupun batuan dinding. Pemotongan berlaku besar-besaran hingakan pada sesetengah tempat hampir separuh isipadu batuan ditukar kepada kuarza dan tekstur batuan asli kini sukar dilihat. Pada zon batuan rejanan, pensilisifikasian ditandai dengan kehadiran mineral ubahan yang berasal daripada K-feldspar dan plagioklas kini berubah menjadi mineral silika sekunder. Zon pensilisifikasian pada kawasan sempadan batuan rejanan amnya berketebalan antara 5 hingga 50 cm dengan tekstur batuan asal sudah tidak kelihatan.

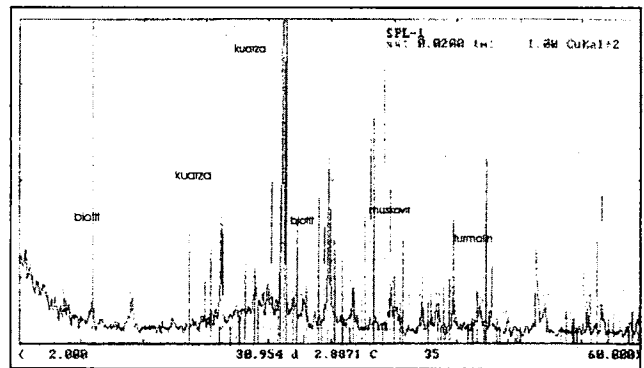
Pensilisifikasian pada zon sesar ditandai dengan kehadiran mineral kuarza sekunder di sekitar atau berdekatan dengan zon sesar. Tekstur batuan asal bagi perubahan ini sudah tidak kelihatan. Warna batuan berubah menjadi putih kekuningan dan kemerahan. Pengamatan melalui mikroskop terhadap batuan ini menunjukkan bahawa tekstur batuan asal sukar dikenali kerana semua mineral berubah menjadi mineral kuarza sekunder.

Berdasarkan beberapa contoh, batuan tersilika menunjukkan kehadiran mineral kuarza dominan diikuti oleh kaolinit, muskovit, mikroklin dan epidot (Rajah 4).

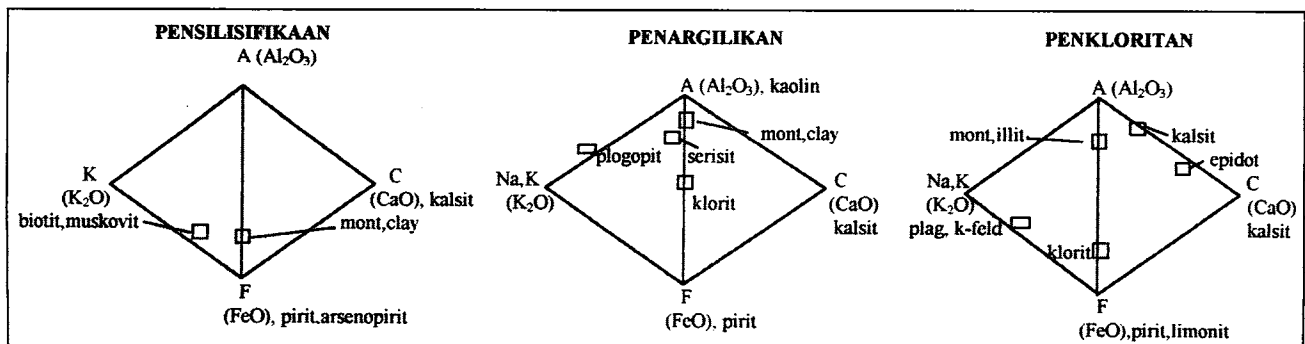
Kandungan unsur-unsur major dalam contoh tersebut pula ialah FeO (1.64-9.44 %), K<sub>2</sub>O (1.95-3.64 %) dengan SiO<sub>2</sub> melebihi 70%. Daripada rajah ACF dan AKF (Creasey, 1966; Burnham, 1962 dalam Meyer dan Hemley, 1967) dapat dilihat bahawa kawasan ini merupakan perubahan pensilisifikasian (Rajah 5). Perubahan pensilisifikasian pada zon ini ditunjukkan dengan kehadiran mineral kuarza dominan, sedikit kaolinit dan mikroklin serta epidot.

**Penargilitan-penserisitan**

Pengamatan lapangan menunjukkan bahawa perubahan penargilitan dominan terjadi pada zon batuan rejanan dan zon telarang kuarza, terutama pada kuarza kecil yang saling memotong (sistem stokwok) dan pada zon sesar. Perubahan penargilitan ini dicirikan dengan perubahan mineral daripada k-felspar, kuarza, plagioklas, biotit dan mineral primer lainnya, menjadi sebahagian besar mineral lempung, diantaranya montmorillonit, illit, K-feldspar sekunder, serisit dan sebagainya. Perubahan ini disebut juga sebagai ubahan argillik-serisit. Warna ubahan batuan di lapangan adalah putih kekuningan, putih kemerahan dan putih kotor, lunak sampai agak masif. Pada perubahan batuan ini sebahagian besar tekstur asal sudah tidak dapat dikenali dan amnya berubah menjadi mineral lempung. Perubahan penargilitan ini amnya terjadi di zon luar selepas pensilisifikasian. Sempadan perubahannya berlaku secara beransur-ansur atau di beberapa tempat saling bertindan. Hal ini



Rajah 4. Difraktogram analisis XRD menunjukkan mineral-mineral kuarza, biotit, muskovit dan tourmalin yang hadir dalam zon perubahan pensilisifikasian (contoh SPL-1 KE Penjom).



Rajah 5. Rajah ACF-AKF menunjukkan medan-medan pensilisifikasian, penargilitan, penkloritan dan jenis-jenis perubahan yang terdapat di Penjom.

menunjukkan proses perubahan batuan yang berulang. Berdasarkan keadaan tersebut maka pembahagian zon ubahan batuan dibuat berdasarkan dominannya mineral sekunder yang hadir. Analisis XRF daripada 3 contoh batuan (PM002, PJ012B, HS3) yang mewakili kawasan Penjom menunjukkan kehadiran  $Al_2O_3$  (23.36-27.90 %; Jadual 1). Analisis XRD dari sampel yang sama menunjukkan kehadiran illit, montmorillonit, kaolinit, lepidolit, muskovit dan kuarza rendah (Rajah 6). Analisis irisan nipis menunjukkan adanya mineral plagioklas yang berubah menjadi k-felspar sekunder serta biotit dan mineral primer lainnya menjadi mineral lempung serta biotit manakala muskovit menjadi mineral serisit (Rajah 7). Berdasarkan analisis tersebut dapat dilihat pada rajah ACF dan AKF (Rajah 5) bahawa kawasan ini merupakan zon penargilitan dan penserisitan dengan mineral lempung dan k-felspar sekunder dominan, mineral silika sederhana dan mineral klorit sedikit yang terjadi di sekitar zon sesar dan telerang kuarza. Zon penargilitan dengan mineral lempung dan sekunder dominan, mineral klorit sedang dan mineral silika sedikit pula terjadi di sekitar batuan rejanan (Rajah 1).

### Penkloritan /Pempropolitan

Perubahan batuan ini terjadi di zon terluar daripada pola perubahan batuan di kawasan Penjom. Perubahan ini terjadi dominan pada zon batuan rejanan, zon telerang kuarza dan sedikit pada zon sesar, dan ditunjukkan dengan kehadiran mineral klorit, epidot dan karbonat. Di lapangan perubahan ini dikenali daripada warna hijau keputihan atau hijau kehitaman pada batuan volkanoklastik dan batuan sedimen. Tekstur batuan asal sebahagian besar masih kelihatan. Pada irisan nipis terlihat hanya bahagian luar atau sebahagian besar mineral berubah menjadi klorit (Rajah 8). Mineral karbonat hadir sebagai kalsit, dan beberapa batuan sedimen berubah menjadi klorit, tetapi tekstur masih kelihatan.

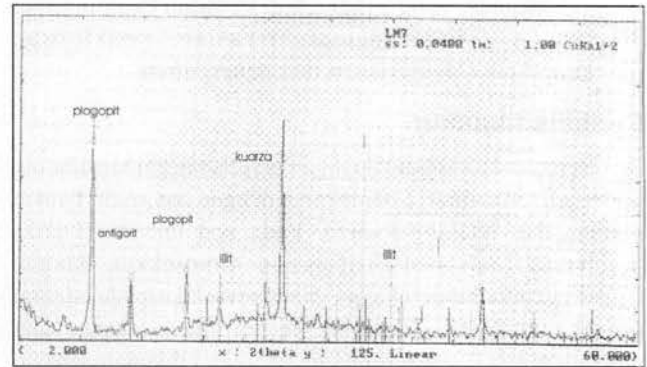
Analisis XRF unsur major beberapa contoh batuan menunjukkan kandungan oksida  $Al_2O_3$  (12.15-21.64 %) dan CaO (2.67-8.1 %). Analisis XRD mineral daripada contoh batuan yang sama menunjukkan kehadiran epidot, kalsit, klorit dan sedikit kuarza. Berasaskan hasil analisis tersebut dapat dilihat pada diagram ACF dan AKF bahawa kawasan ini merupakan zon penkloritan atau propilitisasi. (Rajah 1 dan 2). Perubahan penkloritan dengan kehadiran mineral klorit, epidot kalsit dan kuarza amnya terjadi di zon bahagian luar selepas zon pensilisifikasian dan penargilitan. Hal ini menunjukkan bahawa pH cairan sudah mendekati neutral (Piraino, 1992; Fyfe *et al.*, 1978).

## KESIMPULAN

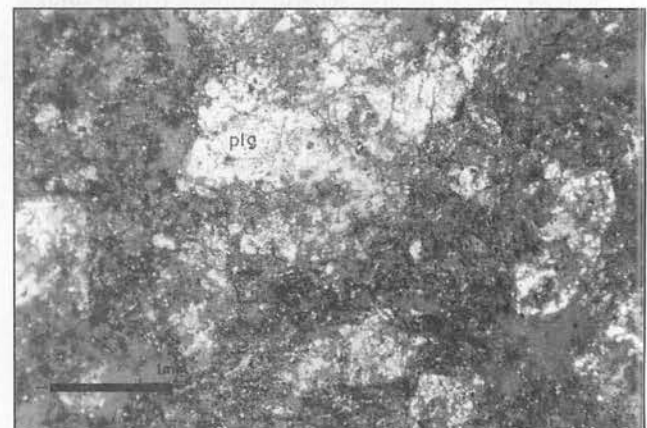
Perubahan batuan dinding di kawasan Penjom terdiri daripada zon pensilisifikasian, zon penargilitan-penserisitan dan zon penkloritan/pempropolitan. Pensilisifikasian dan penargilitan dominan menempati zon sesar dan zon telerang kuarza, sedangkan penkloritan dominan pada zon batuan rejanan. Perubahan batuan di Penjom membentuk suatu

pola, dengan bahagian dalam merupakan zon pensilisifikasian, kemudian penargilitan dan bahagian terluar adalah zon penkloritan.

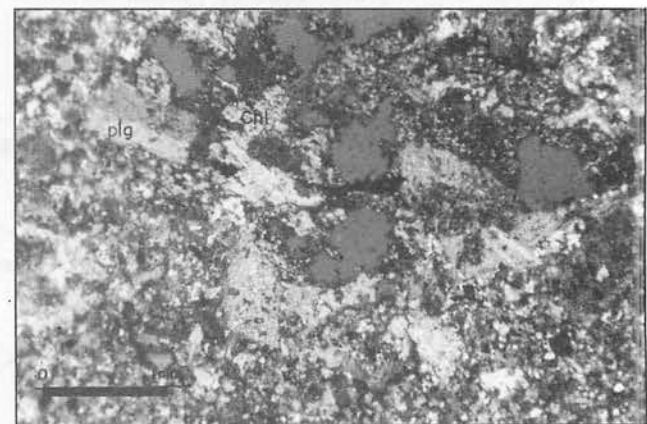
Permineralan dominan terjadi pada zon sesar, zon telerang kuarza dan sedikit pada batuan rejanan dengan kehadiran mineral sulfida pirit, kalkopirit, arsenopirit, sfalerit, galena serta mineral emas, terbentuk pada zon perubahan pensilisifikasian dan penargilitan.



Rajah 6. Difraktogram analisis XRD menunjukkan mineral-mineral flogopit, illit, antigorit dan kuarza rendah yang hadir dalam sampel dari zon perubahan penargilitan, Penjom (contoh LM7 KE Penjom).



Rajah 7. Irisan nipis daripada sampel zon penargilitan, menunjukkan plagioklas (plg) berubah kepada mineral-mineral lempung.



Rajah 8. Irisan nipis menunjukkan sampel daripada zon perubahan penkloritan. Klorit (chl) terbentuk daripada mineral-mineral seperti plagioklas (plg).

Jadual 1. Hasil-hasil analisis secara XRF unsur-unsur major dalam sampel-sampel daripada zon-zon perubahan dan pemineralan.

OKSIDA	PENSILISIFIKAN			PENARGILIKAN			PENKLORITAN		
	PM003	PK033	PK034	PM002	PJ012	HS 1	PK023	PK032	PK018
SiO <sub>2</sub>	79.95	84.13	96.19	59.68	63.33	67.13	61.04	55.72	57.2
TiO <sub>2</sub>	0.05	0.06	0.02	0.58	0.07	0.51	0.7	0.42	0.73
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.08	1.87	2.52	27.9	27.9	23.36	17.75	12.15	21.64
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.64	3.53	0.35	2.43	0.76	0.78	5.74	7.61	3.93
MnO	0.01	0.1	1.11	0.01	0.02	0.01	0.09	0.2	0.06
MgO	0.4	1.82	0.08	0.32	0.42	0.49	1.88	3.04	1.99
CaO	0.03	4.06	0.03	0.06	0.01	0.02	5.26	8.21	2.67
Na <sub>2</sub> O	0.14	0.09	0.28	3.35	0.03	1.22	0.14	0.13	0.1
K <sub>2</sub> O	1.96	0.32	0.2	2.5	3.15	3.64	3.62	1.97	5.37
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.04	0.03	0	0	0	0	0.14	0.05	0.36
L.O.I	0.59	2.14	0.88	6.51	5.33	3.31	9.68	12	8.46
<b>Jumlah</b>	<b>99.89</b>	<b>98.15</b>	<b>101.66</b>	<b>103.34</b>	<b>101.04</b>	<b>100.47</b>	<b>106.04</b>	<b>101.5</b>	<b>102.51</b>

## PENGHARGAAN

Penulis mengucapkan setinggi-tinggi terima kasih kepada Pengurus dan kaki tangan, terutamanya ahli-ahli geologi Penjom Gold Mine atas kebenaran untuk kami melakukan kajian dan segala pertolongan yang dihulurkan. Kami juga merakamkan penghargaan kepada Projek IRPA 02-02-02-0020 atas pembiayaan kerja-kerja ini.

## RUJUKAN

- CORBETT, G.J., DAN LEACH, T.M., 1995. S.W. Pacific Rim Au/Cu Systems :Structure, Alteration and Mineralization.(Short Course),Vancouver,Canada,94-121.
- FYFE, W.S., PRICE, N.J., DAN THOMPSON, A.B., 1978. *Fluid in The Earth's Crust*, Elsevier Scientific Publishing Company.253-344, 345-365.
- HERU SIGIT, IBRAHIM ABDULLAH, JAUHARI MAT AKHIR, 2000. Rekonstruksi Tegasan Kuno di Kawasan Penjom, Kuala Lipis, Pahang, Berdasarkan Data Mesoskopis Gelinciran Sesar. Prosiding, *Persidangan Tahunan Geologi 2000*, 39-43.
- IBRAHIM ABDULLAH, WAN FUAD WAN HASSAN, HERU SIGIT, 2000. Paleostresses Influence in Controlling The Gold Mineralizations in Penjom Area, Peninsular Malaysia, *Geosciences Journal*, 4, (special edition), 85-90.
- KIDD, R., 1998. Overview of Exploration, Geology, Mineralization and Resource Estimation, unpublished Geology Report of Penjom Gold Mine
- MEYER, C. DAN HEMLEY, J.J., 1967. Wall Rock Alteration. *Dlm.* Barnes, H.L.(ed.) *Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits*. New York: Holt, Rinehart & Winston.
- MOHD SHAFEEA LEMAN, 1995. The Significance of Permian Volcanic Activity Towards Faunal Development in Padang Tengku Area, Pahang. *Sains Malaysiana*, 24 17-28.
- PIRAINO, F., 1992. *Hydrothermal Mineral Deposits*, Springer-Verlag.