

Analisis bendalir terkepong pada telerang kuarza yang mengandungi emas di kawasan lombong Penjom, Kuala Lipis, Pahang dan Lubok Mandi, Terengganu, Semenanjung Malaysia

WAN FUAD WAN HASAN¹ DAN HERU SIGIT PURWANTO²

¹Program Geologi, Universiti Kebangsaan Malaysia
43600 UKM Bangi, Selangor

²Jurusan Geologi, Universitas Pembangunan Nasional Yogyakarta
Indonesia

Abstrak: Penjom dan Lubok Mandi merupakan kawasan lombong emas yang aktif di Semenanjung Malaysia. Emas didapati pada telerang kuarza yang banyak memotong unit batuan lebih tua di kawasan Penjom dan Lubok Mandi. Telerang kuarza di kedua-dua kawasan dikelompokkan dalam jenis sulfida-kuarza. Bendalir terkepong terdiri daripada satu, dua dan tiga fasa bersaiz purata antara 3–5 μm . Bendalir terkepong yang terpercil ditafsirkan sebagai jenis primer manakala yang terorientasi selari mengikuti satah rekahan ditafsirkan sebagai sekunder. Bentuk bendalir terkepong biasanya tidak beraturan, iaitu memperlihatkan gejala berleher dan pecah-pecah. Daripada hasil analisis di kawasan Lombong Penjom ditafsirkan bahawa emas terbentuk pada suhu 201.9°C dengan kadar garam 5.5% berat NaCl, kedalaman purata 156 m dan tekanan 17 kbar. Pembentukan emas di kawasan Lubok Mandi pula ditafsirkan pada suhu 196.2°C, dengan kadar garam 4.2% berat NaCl, kedalaman purata 156 m dan tekanan 16 kbar. Kajian ini menunjukkan longgokan emas hidroterma di kedua-dua kawasan adalah jenis mesoterma rendah atau epiterma tinggi.

Abstract: Penjom and Lubok Mandi are two presently active mining areas in Peninsular Malaysia. Gold is found in the quartz veins that cut earlier rocks in the area. The quartz veins in the two areas are classified as the quartz-sulphide type. Fluid inclusions contain, one, two and three phases and have sizes from 3–5 μm . Isolated fluid inclusion is recognized as primary inclusion, and those oriented along fracture planes are regarded as secondary. The inclusions are of irregular shapes, from neck-down to decrepitation. Results of the analyses from Penjom indicate gold formation took place at a temperature of 201.9°C, having salinity of 5.5 wt% NaCl at a depth of 156 m, at a pressure of 17 kbar. Gold formation in Lubok Mandi is interpreted as forming at 196.2°C, with a salinity of 4.2 wt%, at a depth of 156 m and a pressure of 16 kbar. This study shows that the hydrothermal gold deposits in the two areas are low mesothermal or high epithermal type.

PENDAHULUAN

Kawasan-kawasan Penjom, Pahang dan Lubok Mandi, Terengganu adalah dua kawasan yang sedang aktif menghasilkan emas. Bijih emas yang diambil bersekutuan dengan telerang kuarza yang memotong batuan lebih tua di kedua-dua kawasan tersebut. Telerang kuarza terbentuk sepanjang retakan sama ada memotong ataupun selari dengan kedudukan satah batuan induk, dengan kelebaran 0.2 cm hingga 40 cm. Kedudukan utama telerang kuarza di kawasan lombong Penjom adalah N 005°E/80° dan N 040°E/80°, sedangkan di lombong Lubok Mandi adalah N 345°E/80°. Telerang kuarza di kedua-dua kawasan sebahagian besar bersekutuan dengan mineral sulfida, antaranya pirit, kalkopirit, arsenopirit, pirotit, galena dan sfalerit dan dikelaskan sebagai jenis kuarza-sulfida (Corbett & Leach, 1995). Antara mineral reja yang hadir ialah epidot, kalsit dan dolomit. Berdasarkan data tersebut suatu kajian bendalir terkepong di kedua-dua kawasan tersebut telah dilakukan. Tujuan kajian ini adalah untuk mendapatkan data pembentukan emas daripada segi suhu, kedalaman, kadar garam dan tekanan serta hubungannya dengan hidroterma yang terjadi di kedua-dua kawasan tersebut.

GEOLOGI

Kajian terdahulu tentang geologi kawasan Penjom terdapat dalam Richardson (1950), Kamal Shah Ariffin (1994), Roy Kidd (1998), Heru Sigit Purwanto (1999, 2002). Secara umum litologi kawasan Penjom terdiri daripada batuan sedimen (syal, batu lodak, batu pasir, batu pasir berkapur, batu kapur), batuan vulkanik (tuf, tuf lapili, tuf berbatu) dan di beberapa tempat batumannya berkarbon. Batuan tersebut dimasukkan dalam Formasi Gua Musang berumur Perm Akhir-Trias Akhir (Gobbet & Hutchison, 1973), selanjutnya dipotong oleh dasit, andesit dan aplit serta telerang kuarza. Struktur sesar yang dijumpai terdiri daripada sesar naik dekstral berarah baratlaut-tenggara (U330°-345°T), sesar mendatar dekstral dan zon ricih berarah utara-selatan (U350°-005°T) dan sesar mendatar sinistral dan zon ricih berarah timurlaut-baratdaya (U035°-045°T). Di samping itu terdapat juga sesar mendatar sinistral berarah baratlaut-tenggara (U330°-345°T) dan sesar normal dengan arah barat baratlaut-timur tenggara (U280°-310°T). Permineralan emas terjadi pada telerang kuarza dan batuan dinding yang berhubungan dengan perubahan batuan secara pensilisifikasian, pengargilitan dan

perpropilitan atau pengkloritan (Wan Fuad & Heru Sigit, 2001). Permineralan emas biasanya dijumpai berhubungan dengan sesar mendatar dan zon ricih arah utara-selatan dan timur laut-barat daya. Emas wujud sebagai emas berperak, mengisi retakan pada kuarza, pirit dan arsenopirit. Mineral yang bersekutuan dengan emas biasanya pirit, kalkopirit, arsenopirit, galena, sfalerit (Heru Sigit Purwanto, 2002).

Maklumat geologi Lubok Mandi adalah terhad, dan tulisan-tulisan terdahulu tentangnya terdapat dalam MacDonald (1967), Zakaria Hussein *et al.* (1989). Kawasan Lubok Mandi di Jalur Timur terdiri daripada sabak, filit, tuf, tuf litik dan batu pasir berkapur yang di beberapa tempat berselang lapis dengan lapisan batuan berkarbon. Unit batuan tersebut berumur Karbon Tengah-Perm dan dipotong oleh batuan dasit, andesit dan telerang kuarza. Terdapat tiga arah sesar yang mengawal struktur di kawasan ini, iaitu berarah baratlaut-tenggara ($U300^{\circ}$ - 320° T), yang merupakan sesar naik dekstral, kemudian struktur berarah utara baratlaut-selatan tenggara ($U345^{\circ}$ - 355° T) dan berarah timurlaut-baratdaya ($U045^{\circ}$ - 060° T) yang merupakan zon sesar mendatar dekstral (Heru Sigit *et al.*, 2001) Perubahan batuan dinding yang banyak dijumpai adalah pensilisifikasian, pengargilitan dan pengkloritan biasanya disekitar zon sesar dan batuan rejahan. Permineralan emas berkaitan dengan zon sesar utara baratlaut-selatan tenggara dengan mineral penyerta emas adalah pirit, kalkopirit, arsenopirit dan goetit. Emas dijumpai sebagai emas berperak, mengisi retakan pada pirit, arsenopirit dan kuarza.

KAEDAH ANALISIS BENDALIR TERKEPUNG

Bendalir terkepung dianalisis dengan menggunakan keratan nipis berketebalan 0.3 mm–0.1 mm daripada telerang kuarza dan dengan menggunakan kaedah pengukuran mikrotermometri. Analisis yang dilakukan adalah pengukuran suhu didih dan suhu homogen. Selanjutnya dilakukan penghitungan hasil pengukuran mikotermometri untuk mendapatkan kadar garam dengan formula Roedder (1984). Penganggaran kedalaman dan tekanan dibuat berdasarkan jadual Haas (1971). Alat yang digunakan menggunakan media pemanas dan pendingin Linkam jenis THMS 600, pengamatan video LINKAM VTC 232 dan Nikon Optiphot-2 dengan kanta pembesaran 200X dan 400X.

HURAIAN TELERANG KUARZA

Telerang kuarza di kawasan Penjom dan Lubok Mandi sebahagian besar memotong lapisan batuan dan emas terbentuk dalam telerang kuarza tersebut. Cerapan megaskopi menunjukkan kuarza tersebut berwarna putih kotor atau keruh, putih air biasanya disertai mineral-mineral sulfida, antaranya pirit, kalkopirit, galena dan arsenopirit. Umumnya kuarza yang mengandungi sulfida dan emas terletak pada zon breksi dan juga zon ricih. Sampel yang

dianalisis di kedua-dua kawasan berwarna putih keruh, daripada telerang berketebalan di lapangan 20 cm–40 cm yang mengandungi emas, pirit, kalkopirit dan galena.

HURAIAN BENDALIR TERKEPUNG

Berdasarkan cerapan keratan nipis didapati bahawa bendalir terkepung di kedua-dua kawasan bersaiz antara 2 μ m–5 μ m. Bendalir terkepung tersebut membentuk kelompok terorientasi mengikut satah atau melengkung mengikut satah retakan mikro dan ada pula yang terpenencil. Pola yang mengikut retakan biasanya merupakan bendalir terkepung sekunder (Roedder, 1967, 1984), sedangkan yang menyendiri disebut sebagai bendalir terkepung primer. Bentuk kepungan di kedua-dua kawasan umumnya tidak beraturan biasanya memperlihatkan gejala berleher (*necked down*) dan gejala pecah-pecah (*decrepitated*). Bendalir terkepung daripada kawasan Penjom didapati berbentuk satu fasa, dua fasa dan tiga fasa, sedangkan daripada kawasan Lubok Mandi pula dijumpai satu fasa dan dua fasa sahaja. Bendalir terkepung satu fasa terdiri daripada cecair sahaja; dua fasa terdiri daripada cecair dan udara dan tiga fasa terdiri daripada cecair, udara dan hablur pepejal. Dua fasa yang dijumpai di kawasan Lubok Mandi terdiri daripada cecair dan udara dan cecair dengan hablur garam.

ANALISIS BENDALIR TERKEPUNG KAWASAN PENJOM

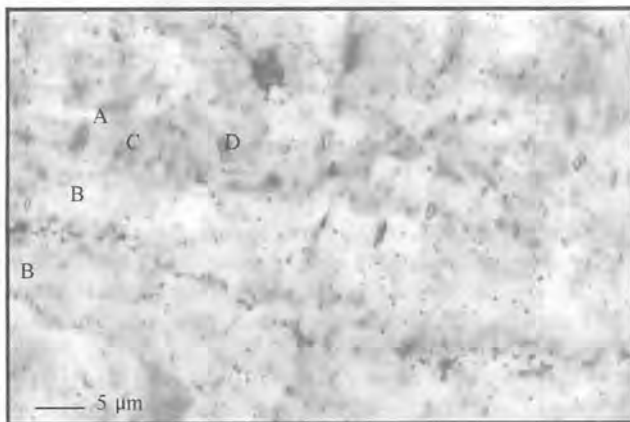
Pengamatan dua sampel telerang kuarza iaitu PK 017 dan PK 018 menunjukkan adanya bendalir terkepung dengan saiz antara 2 μ m sampai 5 μ m. Cerapan pada sampel PK 017 mendapati bendalir terkepung dua fasa yang memencil atau menyendiri yang ditafsirkan sebagai bendalir terkepung primer dan juga beberapa yang kepungan mengikut retakan melengkung (Rajah 1). Bendalir terkepung dua fasa yang berbentuk tidak beraturan, walaupun kurang jelas menunjukkan bentuk leher (*necked down*) dan pecah-pecah (*decrepitated*) dan ada yang mengikut retakan (Rajah 1). Bendalir terkepung dua fasa dan satu fasa dijumpai mengikut retakan bersama-sama dalam satu jalur retakan yang lurus (Rajah 2). Pengukuran bendalir daripada sampel yang dianalisis ini agak sukar kerana saiz bendalir terkepung kebanyakan kurang dari 5 μ m. Pengukuran suhu cair (T_m , *melting temperature*) dan suhu homogen (T_h , *homogenization temperature*) dilakukan 12 kali pengamatan. Hasilnya menunjukkan bahawa suhu homogen berjulat antara 159.4°C – 236.4°C dengan purata 201.9°C , sedangkan suhu pencairan berjulat antara -2.4°C – 4.2°C dengan purata -3.4°C (Jadual 1). Hasil pengiraan dengan formula Roedder (1984) menunjukkan bahawa % berat NaCl berjulat antara 4.0%–6.7% berat. Selanjutnya berdasarkan pengiraan dengan Jadual Haas (1971) didapati bahawa peranggaran kedalaman terbentuknya telerang kuarza tersebut berjulat antara 102 m–256 m dengan purata 156 m dan tekanan berjulat antara 10–25 kbar dengan purata 17 kbar.

ANALISIS BENDALIR TERKEPUNG KAWASAN LUBOK MANDI

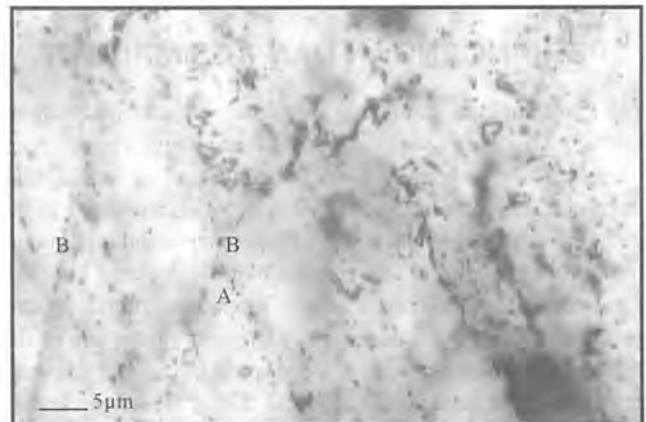
Dua sampel telerang kuarza dari kawasan Lubok Mandi iaitu LM 021 dan LM 008 dengan bendalir terkepung bersaiz $1\ \mu\text{m}$ sampai $4\ \mu\text{m}$ dilakukan kajian. Cerapan dilakukan pada sampel LM 021 dan didapati sedikit bendalir terkepung primer dua fasa yang terpencil atau menyendiri, akan tetapi banyak dijumpai yang mengikuti retakan melengkung maupun retakan lurus (Rajah 3). Didapati juga bendalir terkepung dua fasa yang berbentuk tidak beraturan, walaupun kurang jelas bentuknya menunjukkan bentuk leher dan berletikan, dan ada yang mengikuti retakan (Rajah 4). Pengukuran bendalir daripada sampel yang dianalisis ini agak sukar kerana kebanyakan saiz bendalir terkepung kebanyakan kurang dari $3\ \mu\text{m}$. Pengukuran suhu cair dan suhu penghomogenan dilakukan 12 kali pengamatan. Hasilnya menunjukkan bahawa suhu homogen berjulat antara 168.3°C – 239.9°C dengan purata 196.2°C , sedangkan suhu didih berjulat antara -1.8°C – -4.2°C dengan purata -2.6°C (Jadual 2). Hasil penghitungan dengan formula Roedder (1984) menunjukkan bahawa % berat NaCl berjulat antara 3.1% – 6.7% . Selanjutnya berdasarkan

Jadual 1. Data dan penganggaran daripada pengukuran mikrotermometri pada kuarza sampel PK.017 di kawasan lombong Penjom.

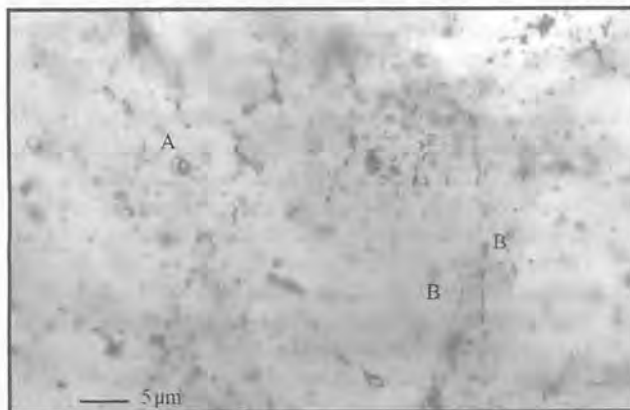
Pengukuran	Th $^{\circ}\text{C}$	Tm $^{\circ}\text{C}$	% berat NaCl	D (m)	P (Bar)
1	225.1	-4.2	6.7	256	26
2	185.4	-3.6	5.9	106	12
3	159.4	ttd	-	-	-
4	184.2	-2.4	4.0	102	10
5	198.6	-3.4	5.6	146	14
6	236.4	ttd	-	-	-
7	188.6	-2.8	4.6	101	10
8	204.8	-3.7	6.0	168	16
9	199.9	-2.9	4.8	128	13
10	223.7	-3.8	6.1	253	24
11	198.4	-3.2	5.3	147	15
12	218.4	-3.9	6.3	221	21
Purata	201.9	-3.4	5.5	156	17
Julat	159.4-236.4	-2.4 - -4.2	4.0 - 6.7	102-256	10-26



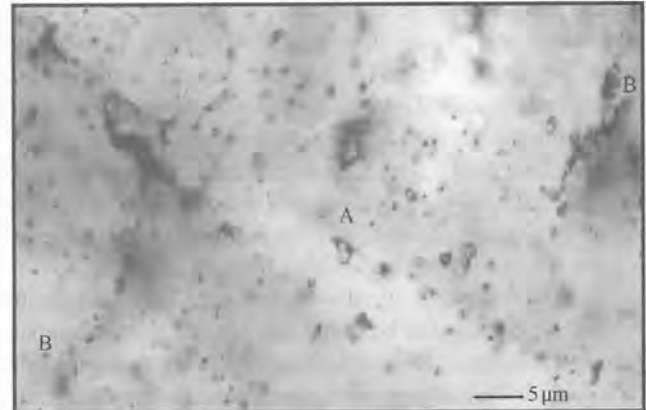
Rajah 1. Bendalir terkepung primer (A) dan sekunder (B) serta C bentuk leher (*necked down*) dan (D) letikan (*decrepitated*).



Rajah 2. Bendalir terkepung primer (A) memencil dan bendalir sekunder (B) yang mengikuti retakan satah.



Rajah 4. Bendalir terkepung bentuk leher (A) dan (B) bentuk letikan (LM 021).



Rajah 3. Bendalir terkepung primer (A) memencil dan sekunder (B) mengikuti retakan satah (LM 021).

Jadual 2. Data dan peranggaran daripada pengukuran mikrotermometri pada kuarza sampel LM.021 di kawasan lombong Lubok Mandi.

Pengukuran	Th °C	Tm °C	% berat NaCl	D (m)	P (Bar)
1	239.9	-4.2	6.7	333	31
2	198.6	-2.4	4.0	136	13
3	182.1	ttd	-	-	-
4	183.8	-2.4	4.0	101	10
5	201.5	-	-	-	-
6	178.6	-2.1	3.5	84	10
7	184.6	-2.2	3.7	103	10
8	212.4	-2.8	4.6	202	20
9	196.4	-2.3	3.9	134	15
10	223.4	-3.4	5.6	245	24
11	184.2	ttd	-	-	-
12	168.3	-1.8	3.1	66	8
Purata	196.2	-2.6	4.2	156	16
Julat	168.3-239.9	-1.8 - -4.2	3.1 - 6.7	66-333	8-31

penganggaran dengan Jadual Haas (1971) didapati bahawa pengiraan kedalaman terbentuknya telorag kuarza tersebut adalah ber julat antara 65 m–333 m dengan purata 156 m, dan tekanan terjadi ber julat antara 8–31 kb dengan 16 kb.

PERBINCANGAN DAN KESIMPULAN

Cerapan lapangan yang mendapati emas wujud dalam telorag kuarza dan permineralan disertai dengan perubahan batuan dinding menunjukkan permineralan di kedua-dua tempat adalah jenis hidroterma (Boyle, 1974; Seward, 1982). Unsur emas bersama unsur-unsur lain di bawa dalam larutan magma baki, yang akhirnya membentuk telorag kuarza. Emas terkumpul dalam telorag kuarza terutama dalam retakan. Telorag kuarza yang mengandungi emas di kawasan Lombong Penjom didapati dalam kajian ini terbentuk pada suhu antara 159.4°C–236.4°C, dengan kadar garam antara 4.0%–6.7% berat NaCl pada kedalaman antara 102 m–256 m dan tekanan antara 10 k bar sampai 25 k bar. Dengan andaian pengukuran adalah betul dan bendalir yang diukur itu adalah jenis primer, maka suhu tertinggi permineralan di Penjom ialah 236.4°C pada kedalaman maksimum 256 m. Di Lubok Mandi pula, suhu permineralan ialah 239.9°C pada kedalaman 333 m. Di kedua-dua tempat tersebut suhu maksimum ini bersesuaian dengan jenis longgokan mesoterma rendah atau epiterma tinggi. Data ini juga bersesuaian dengan jenis sekutuan mineral yang didapati dengan adanya hanya sedikit mineral galena dan stibnite di kedua-dua tempat.

Ketiadaan jasad igneus kecuali sil aplit dan dasit subvolkanik pada atau berhampiran dengan tempat-tempat permineralan emas di Semenanjung Malaysia menunjukkan larutan hidroterma pembawa permineralan berjalan jauh daripada sumber. Dalam hal demikian, larutan hidroterma menghampiri permukaan bumi pada kedalaman maksimum

156 m di Lubok Mandi. Jadi emas tidaklah datang secara terus daripada magma granit melainkan sebagai larutan baki yang mana batuan subvolkanik tersebut mungkin memainkan peranan sebagai pembawa. Ciri seakan-akan serupa ditemui pada permineralan emas di tempat-tempat lain di dunia (Jiang, 1999; Yao *et al.*, 1999)

PENGHARGAAN

Penulis mengucapkan setinggi-tinggi terima kasih kepada Pengurus dan kaki tangan, terutamanya ahli-ahli geologi lombong Penjom dan Lubok Mandi 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

- BOYLE, R.W., 1970. *The Source of Metal and Gangue Elements in Hydrothermal Deposits*. International Union Geology Science, A.2, Stuttgart.
- CORBETT, G.J. AND LEACH, T.M., 1995. *S.W.Pacific Rim Au/Cu Systems: Structure, Alteration and Mineralization*. Short Course, Vancouver, Canada.
- GOBBETT, D.J. AND HUTCHISON, C.S. (Eds.), 1973. *Geology of the Malay Peninsula*. London, Wiley-Interscience.
- HAAS, J.L. Jr., 1971. The effect of salinity on the maximum thermal gradient of a hydrothermal system at hydrostatic pressure. *Economic Geology* 66, 940-946.
- HERU SIGIT PURWANTO, 1999. Mineral characteristic on gold mineralization in Penjom Area, Peninsular Malaysia. *Proceedings of Indonesian Association of Geologist*, 2, 227-234.
- HERU SIGIT PURWANTO, 2002. *Permineralan emas dan kawalan struktur di kawasan Penjom, Pahang dan Lubok Mandi, Terengganu, Semenanjung Malaysia*. Tesis Doktor Falsafah, Pusat Pengajian Sains Sekitaran dan Sumber Alam, Universiti Kebangsaan Malaysia.
- HERU SIGIT PURWANTO, IBRAHIM ABDULLAH, WAN FUAD WAN HASSAN AND JUHARAI MAT AKHIR, 2001. Influence of paleostresses in controlling the gold mineralization in Lubok Mandi area, Peninsular Malaysia. *Proceedings Annual Geological Conference 2001*. Geology Society of Malaysia, 7-12.
- JIANG NENG, XU JIUHUA AND SONG MIANXIN, 1999. Fluid inclusion characteristics of mesothermal gold deposits in the Xiaqingling district, Shaanxi and Henan Provinces, People's Republic of China. *Mineralium Deposita*, 34, 150-162.
- KAMAL SHAH ARIFFIN, 1994. *Geology and mineralogy of the Penjom gold mineralization prospect, Kuala Lipis, Pahang Darul Makmur*. Tesis Sarjana Universiti Sains Malaysia.
- MACDONALD, S., 1967. Geology and Mineral Resources of North Kelantan and North Trengganu. *Geological Survey Malaysia, District Memoir 10*.
- RICHARDSON, J.A., 1950. The Geology and Mineral Resources of the neighbourhood of Chegar Perah and Merapoh, Pahang. *Geological Survey Malaysia Memoir 4*.
- ROEDDER, E., 1967. Fluid Inclusions as Samples of Ore Fluids. In: Barnes, H.L., 1979, *Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits*. New York, Wiley Interscience, 515-574.
- ROEDDER, E., 1984. Fluid inclusion. Mineralogy society of America.

- Reviews in mineralogy* 12, 644p.
- ROY KIDD, 1998. *Overview of Exploration, Geology, Mineralization, and Resource Estimation, Penjom Gold Mine*. Unpubl. report, Penjom Gold mine, Empang Jalih, Mukim Lipis, Pahang, Malaysia.
- SEWARD, T.M., 1982. The transport and deposition of gold in hydrothermal system. *Proceedings of The Symposium Gold '82*, University of Zimbabwe, 125-130.
- WAN FUAD WAN HASSAN DAN HERU SIGIT PURWANTO, 2001. Perubahan batuan dinding berkaitan dengan permineralan emas di Penjom Gold Mine, Pahang, Malaysia. *Proceedings Annual Geological Conference 2001*. Geology Society of Malaysia, 13-18.
- YAO, Y., MORTEANI, G. AND TRUMBULL, R.B., 1999. Fluid inclusion microthermometry and the P-T evolution of gold-bearing hydrothermal fluids in the Niuxinshan gold deposit, eastern Hebei province, NE China. *Mineralium Deposita* 34, 348-365.
- ZAKARIA HUSSEIN, MOHD. SIDEK DAN AB. RAHMAN YUSOF, 1989. Laporan ringkas kewujudan emas di kawasan Marang, Trengganu. *Geological Survey Malaysia Report KT/2/1989*.

Manuscript received 18 February 2003