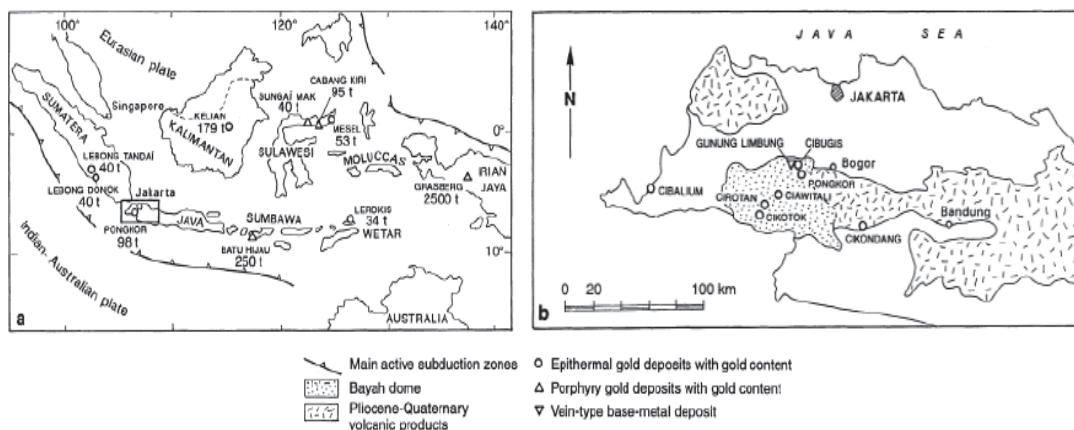


## BAB II TINJAUAN UMUM

### II.1. Lokasi dan Kesampaian

Lokasi penelitian berada di tambang urat emas Pongkor yang terletak di distrik Bogor, Jawa Barat, sekitar 80 km sebelah barat daya dari Jakarta, Indonesia atau di sisi timur laut dari Kubah Bayah (Gambar. II.1).



Gambar II.1. Lokasi penelitian urat Pongkor dan beberapa lokasi yang mengandung deposit emas di Indonesia (modifikasi dari Milesi,1999) (a). Peta lokasi Pongkor dan beberapa lokasi tambangemas yang ada di Jawa Barat (b).

Deposit Pongkor ditemukan pertama sekali pada tahun 1981 sebagai akibat dari eksplorasi sistematis (Basuki dkk, 1994; Van Leeuwen, 1994) kemudian dilakukan studi kelayakan pada tahun 1991 dan mulai melakukan pembangunan pada tahun 1992. Pertambangan Ciguha dan vein emas Kubang Cicau dimulai pada tahun 1994, sedangkan untuk vein emas Ciurug dilakukan pada tahun 1998. Tambang ini dioperasikan oleh Perusahaan Pertambangan Negara (PT Aneka Tambang) dengan menggunakan metode penambangan bawah tanah (*underground mining method*). Pada Desember 2004, terbukti bijih cadangan tambang emas Pongkor telah diperkirakan menjadi sekitar 2,1 juta metrik ton pada 13,6 ppm emas dan 163,2 ppm

perak. Pada tahun 2004, tambang yang dihasilkan 386.230 metrik ton bijih emas di 11,69 ppm dan perak di 174,47 ppm (PT Antam Tbk, 2004).

## 2.2. Geomorfologi

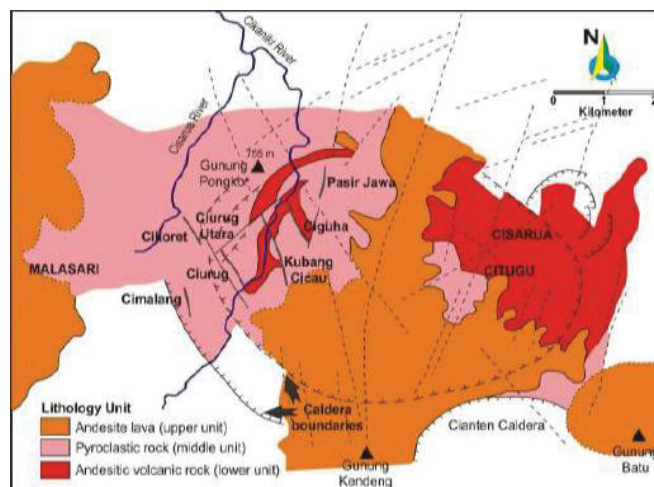
Daerah penambangan Pongkor merupakan bagian dari wilayah yang terdiri dari morfologi berupa pegunungan dengan ketinggian antara 300-900 mdpl dengan puncak bukit yang masih tajam dan agak membulat. Lereng-lereng memiliki kemiringan  $20^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . Punggungan pegunungan menunjukkan arah memanjang yang relative sama dengan arah penyebaran urat. Ketebalan rata-rata lapisan tanah penutup mencapai 2,5 meter.

Topografi daerah ini berupa perbukitan sedang hingga terjal dengan dominan bukit bergelombang dan sebagian daerah bergunung, seperti Gunung Halimun (1929 mdpl) dan Gunung Salak (2211 mdpl). Bukaan tambnag emas Pongkor terletak pada elevasi 750 mdpl dengan kemiringan lereng  $22^{\circ}$ - $31^{\circ}$ . Sungai utama yang mengalir adalah Sungai Cikanaki dan Sungai Ciguha yang berada di bagian timur dan utara lokasi penambangan.



Gambar II.2. Unit Bisnis Pertambangan Emas (UBPE) tambang Pongkor (modifikasi dari Milesi dkk, 1999).

### II.3. Geologi Regional



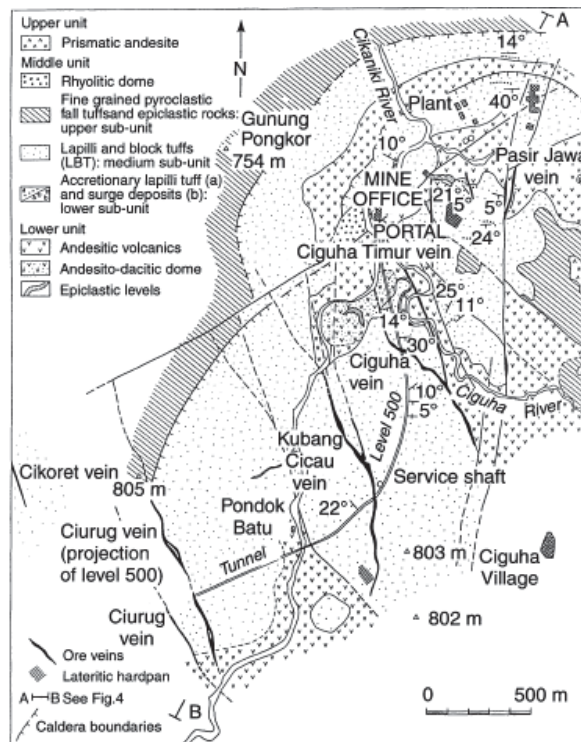
Gambar II.3. Peta geologi regional daerah Pongkor (modifikasi dari Milesi dkk, 1999).

Daerah Pongkor merupakan bagian dari Busur Benua Neogen Sunda Banda yang berkembang di sepanjang sisi Selatan Lempeng Eurasia sebagai akibat dari subduksi Lempeng Samudera Indo – Australia. Unit geologi berada di lahan seluas sekitar 40 hingga 80 km dan terdiri dari serpih dan batupasir basement yang dilapisi oleh pusat sabuk vulkanik dari *Oligosen* sampai *Miosen* Awal, terdiri dari sebagian besar batuan gunung api kasar, dengan diselingi batugamping dan batupasir. Batuan terobosan intermediet yang masuk ke dalam formasi *Paleogen* dan *Miosen* Awal (Basuki, 1994 dalam Warmada, 2003).

### II.4. Geologi Lokal

Secara umum, endapan emas di Jawa Barat terjadi pada arah Utara Timur – Selatan Barat. Mineraliasasi terjadi pada *strike – slip fault* dengan kemiringan curam yang berkaitan dengan aktivitas kompresi akibat subduksi di Pulau Jawa. Endapan emas di Jawa Barat dapat digolongkan menjadi tipe Pongkor dan tipe Cirotan (Milesi dkk, 1994). Endapan emas Pongkor terletak di Timur – Utara Bayah *Dome*. Endapan emas Pongkor merupakan epitermal sulfidasi rendah berumur  $2,05 \pm 0,05$  Ma berdasarkan

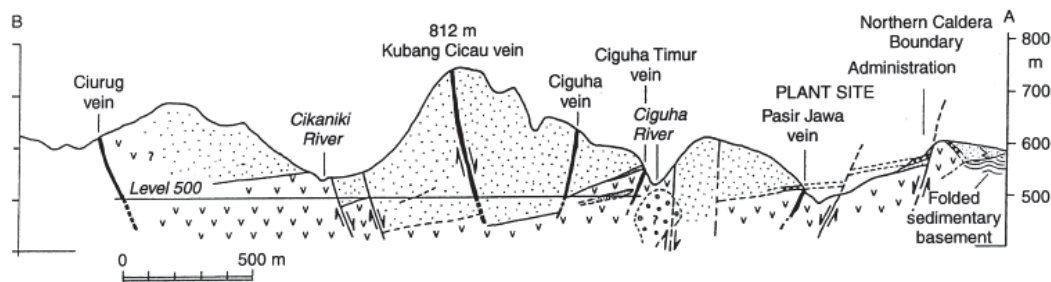
uji isotop stabil  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  pada conto adularia (Basuki dkk, 1994, Milesi dkk, 1999, Syafrizal dkk, 2005, 2007).



Gambar II.4. Peta geologi Gunung Pongkor yang menggambarkan sistem urat dan batuan penyusunnya (modifikasi dari Milesi dkk, 1999).

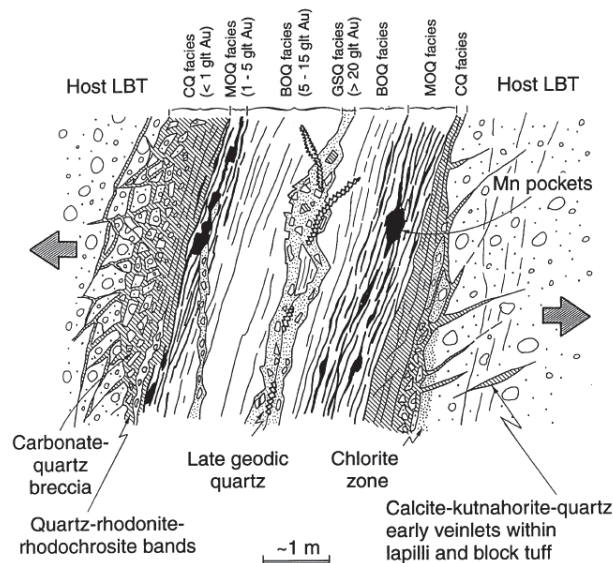
Urat Ciurug terletak pada middle unit (Milesi dkk, 1999), seperti pada Gambar II.4. endapan Pongkor memiliki empat sistem urat utama berarah  $\text{N}30^\circ\text{E}$  hingga  $\text{N}150^\circ\text{E}$  subparalel berjarak 300-800 m, yaitu Ciurug, Kubang Cicau, Ciguha, dan Pasir Jawa. *Host rock* endapan terdiri dari tiga system vulkanik, yaitu *lower, middle dan upper volcanic unit* (Gambar II.4.).

Batuan dasar utamanya adalah lapili tufaan dan tufa breksia, serta intrusi andesitic dan batu lanau yang terdapat secara local. *Host rock* urat Ciurug terdiri dari komposisi basaltik hingga andesitik ( $< 63 \text{ wt\% SiO}_2$ ). Tingkat pelapukan di daerah ini sangat tinggi. (Syafrizal dkk, 2005, 2007).



Gambar II.5. Penampang sistem urat Gunung Pongkor berarah Selatan - Barat - Utara - Timur (modifikasi dari Basuki dkk, 1994 dalam Syafrizal dkk, 2007)

Milesi dkk, (1999) membagi tahapan mineralisasi di Pongkor menjadi empat fasies (Gambar II.6.) sebagaimana di diskripsikan dibawah ini. Keempat fasies tidak selalu hadir bersamaan. Kelimpahan setiap fasies di setiap urat di Pongkor disajikan dalam tabel II.1



Gambar II.6. Sketsa skematik sistem urat di Pongkor menunjukkan keempat fasies mineralisasi. Direkonstruksi berdasarkan pengamatan tekstur di empat system urat. Panah menunjukkan arah pelebaran urat (modifikasi dari Milesi dkk.1999)

1. Fasies Karbonat – Kuarsa atau *Carbonate Quartz* (CQ). Pengendapan diawali dengan pembentukan kuarsa-karbonat atau veinlet karbonat, yang berlapis setempat-setempat. Pembentukan lebih lanjut membentuk retakan-retakan kecil memicu terbentuknya breksi karbonat-kuarsa yang lebih tebal. Bladed calcite



umumnya dijumpai. Secara vertikal dan horizontal, fasies breksi ini lebih intensif dibandingkan dengan veinlet kuarsa-karbonat berlapis. Sulfida jarang dijumpai dan tersebar (<1%) baik pada kuarsa maupun adularia-klorit pada tepi veinlet kuarsa-karbonat. Kadar emas biasanya rendah (< 1 g/ton).

2. Fasies Mangan Oksida-Kuarsa atau *Manganese Oxide Quartz* (MOQ). Mengikuti CQ, terjadi interlamisasi dari lapisan kuarsa dan *rhodonit* setebal 3-4 cm yang membentuk jaringan veinlets subparalel yang terbentuk bersamaan. Lapisan kuarsa berwarna putih, kolumnar, translusen, terkristalisasi dengan baik, dengan kandungan sulfida yang rendah (<1 %). Kadar emas pada fasies ini rendah (1-5 g/ton)
3. Fasies Kuarsa Opalin Berlapis atau *Banded Opaline Quartz* (BOQ). Kuarsa susu massif dengan tekstur berlapis yang jelas, memiliki orde ketebalan umumnya dari millimeter sampai sentimeter. Terdiri atas kuarsa mikrokristalin sampai kuarsa susu opalin, lapisan adularia dan sulfide yang tersebar (<1%). Fasies ini ketebalannya dapat mencapai 6 meter, memiliki kadar emas yang cukup tinggi (5-15 g/ton).
4. Fasies Kuarsa Sulfida Abu-abu atau *Grey Sulfide Quartz* (GSQ). Merupakan fasies pembawa emas utama (>20 g/ton), yang diwakili oleh abu-abu sampai abu-abu pucat dari breksi kuarsa yang kaya sulfide. Kuarsa, baik mikrokristalin maupun berlapis, dapat massif atau berupa semen pada pipa breksi hidrotermal matrix-supported yang mengandung fragmen-fragmen dari fasies sebelumnya. Fasies ini distribusinya tidak teratur, dapat absen dan dapat juga membentuk lensa dengan tebal dan panjang beberapa meter. Fasies GSQ diakhiri dengan terbentuknya kristal tabular kalsit berwarna krem pada fase vuggy quartz, yang dikenal sebagai fasies kuarsa geode akhir (*Late Geodi Quartz*) dan bersifat barren akan emas.

Tabel II.1 Kelimpahan setiap fasies mineralisasi (Milesi dkk,1999).( x : hadir, xx : sering, xxx : melimpah, xxxx : sangat melimpah).

Urat	Rata-rata ketebalan (m)	Panjang (m)	CQ	MOQ	BOQ	GSQ
Pasir Jawa	4,32	950	xx	xxx	x	x
Ciguha	3,45	1050	xx	xxx	x	xx
Ciguha timur	1,62	740	-	xx	x	?
Kubang Cicau	4,11	1350	x	xx	xxx	xx
Ciurug	7,84	1500	xxx	x	xx?	xx?

Urat - urat terdiri dari *Milky Banded Quartz*, mineral – mineral lempung, termasuk smektit, oksida mangan, adularia, kalsit, barit, dan albit (Aditya Sumanagara dan Sinambela, 1991). Endapan emas Pongkor tergolong pada tipe Pongkor karena memiliki kandungan sulfida yang sangat rendah, emas dapat ditemukan sebagai electrum dengan mineral gangue berupa oksida mangan dan milky quartz ± kalsit (Marcoux dan Milesi, 1994).

Mineral karbonatan, terutama kalsit ditemukan 40% di Urat Ciurug dan Pasir Jawa dan sekitar 30% di Urat Kubang Cicau dan Ciguha. Mineral ini umumnya membentuk perlapisan bergantian dengan kuarsa atau kuarsa – adularia dan inklusi dalam kuarsa. Pada Urat Ciurug, mineral karbonat terbentuk setelah kuarsa dan tidak tergantikan. Pada urat lainnya, dijumpai tekstur *pseudomorf replacement* kalsit oleh kuarsa.

Secara fisiografi, endapan emas Pongkor berada pada pegunungan Tersier. Endapan ini berada di Pegunungan Bayah bagian Selatan yang terlipatkan dan tersesarkan sangat kuat pada periode Paleogen dan terendapkan tidak selaras oleh sedimen lebih muda, batuan sedimen dari sabuk vulkanik tengah, batuan sedimen berumur *Miosen* Tengah hingga *Pliosen*, dan batuan vulkanik muda berumur *Pliosen*.

Stratigrafi daerah Pongkor merupakan kelanjutan dari sedimentasi dari daerah Banten Selatan atau mengikuti Mendala Sedimentasi Banten (Gambar 2.7). Bagian dasar stratigrafi daerah ini adalah batu lempung dan batu pasir yang merupakan bagian Formasi Bayah dari sabuk Selatan *Paleogen*. Bagian atas terlapiskan batuan vulkanik berbutir kasar dari sabuk gunung api Tengah berumur *Oligosen* hingga Miosen Awal yang disebut *Old Andesite* dan berlapis dengan batu gamping dan batu pasir, serta Formasi Cimapag yang merupakan sedimen gunung api.

MAIN ROCK TYPE	SOUTH BANTEN (Koesoemadinata, 1962)	G. PONGKOR AREA (Agung Basuki, 1992)	AGE	OROGENIC MOVEMENT
Alluvium			HOLOCENE	Uplift Weak folding and faulting
Andesitic rocks			PLEISTOCENE	
Carbonaceous sandstone	Cimanceuri Fm. Baduy Fm.	Old Volcanic Products	PLIOCENE	Main folding (formation of veins)
Mudstone Carbonaceous sandstone	Sarewah Fm.	Bojongmanik Fm ?	MIDDLE MIOCENE	
Tuff/Lapilli Tuff Polymic Breccia Sandstone	Cimapag Fm. Citarate Fm.	Old Andesite	EARLY MIOCENE	Folding
Limestone Conglomerate	Cijengkol Fm.		OLIGOCENE	
Shale Andesite Granodiorite	Bayah Fm.	Bayah Fm ?	EOCENE	Vertical movement

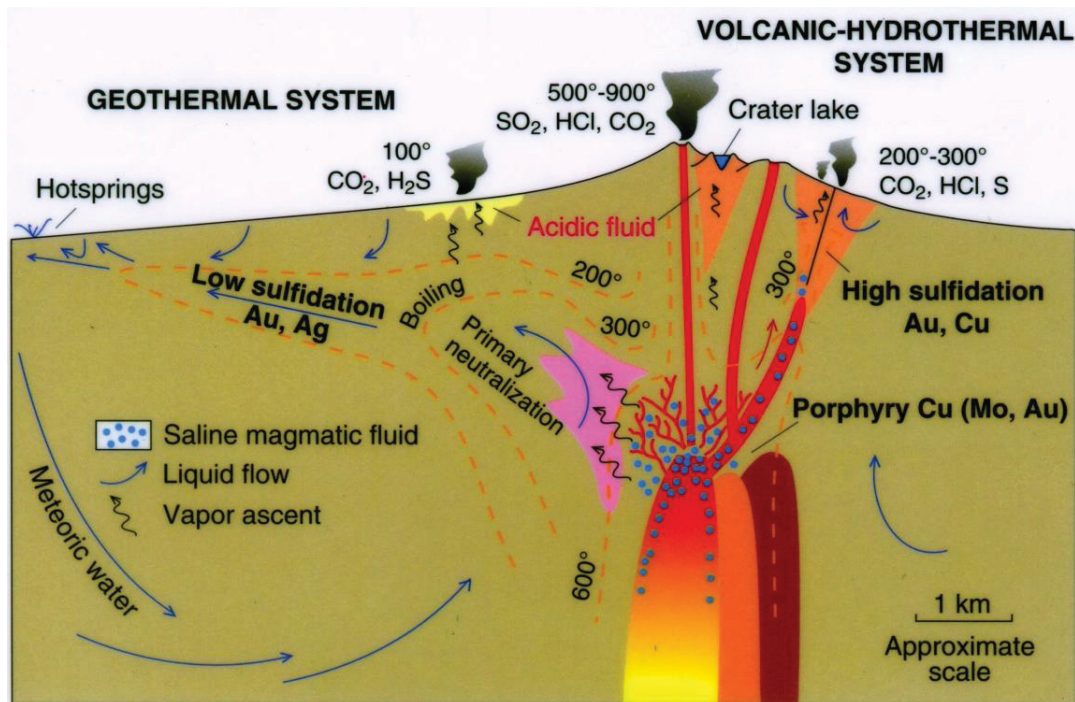
Gambar II.7. Hubungan stratigrafi dan korelasi daerah Pongkor dengan daerah Banten Selatan atau mengikuti Mendala Sedimentasi Banten (modifikasi dari Basuki, A.Sumanagara, D.A, Sinambela. D, 1993)

## II.5. Mineralisasi Epitermal Au – Ag

Endapan epitermal pada awalnya didefinisikan sebagai produk aktifitas hidrothermal yang berhubungan dengan vulkanisme yang relative dangkal (< 1km) dan temperatur yang rendah (50°-300°C). Endapan ini umumnya dijumpai sebagai urat silika, rekahan bercabang dan tak beraturan, *stockwork*, pipa breksi, pengisian rongga-rongga, atau tersebar. Endapan ini kemudian dikelompokkan menjadi *low*,



*intermediate*, dan *high sulfidation* yang mewakili bilangan oksidasi dari unsur sulfur yang terlarut dalam larutan pembawa fluida (Hedenquist, 1987).



Gambar II.8. Ilustrasi yang menggambarkan lingkungan terbentuknya endapan epithermal high-sulfidation and low-sulfidation relatif terhadap sumber intrusinya (Hedenquist dkk, 1996 ; 2000).

Bilangan oksidasi dapat dihubungkan baik terhadap waktu maupun ruang dari fluida hidrotermal yang bergerak naik (Einaudi dkk., 2003). Fluida hidrotermal yang berasal dari evolusi magma yang bergerak naik dalam kondisi oksidasi dan pH yang lebih rendah akan mengandung ion sulfurik dengan bilangan oksidasi yang relatif tinggi (*high*) atau bernilai positif, hal ini diindikasikan oleh asosiasi mineral pada endapan *high sulfidation* yang umumnya berupa mineral sulfat (bilangan oksidasi +6) seperti barit, anglesit, dan celestite. Lebih jauh lagi, dalam perjalanannya menuju permukaan fluida hidrotermal ini akan tereduksi dan menurun pH-nya dikarenakan proses pencampuran dengan fluida lain (seperti meteorik) atau karena interaksi dengan

litologi yang dilaluinya, sehingga bilangan oksidasi dari ion sulfurik dalam larutan akan turun (*low*). Indikasi dari menurunnya bilangan oksidasi ini dapat dilihat dari asosiasi mineral pada endapan *low sulfidation* yang umumnya berupa sulfida (bilangan oksidasi -2) seperti galena, sphalerit, dan pirit.

Bijih emas ± tembaga ± perak pada endapan high sulfidation berasosiasi dengan mineral pengotor kuarsa, lempung hipogen, mika, dan mineral-mineral sulfat, serta ditandai dengan kehadiran covellite, alunit, sulfur natif, dan dikebanyakan endapan terdapat kuarsa berongga (*Vuggy Quartz*), yang diinterpretasikan sebagai hasil alterasi dan peluluhan yang intensif oleh larutan yang sifatnya asam (Stoffregen, 1987).

Endapan *low sulfidation* secara umum berasosiasi dengan fluida tereduksi, pH mendekati netral, dan salinitas rendah, yang kesemuanya ditandai oleh kehadiran mineral-mineral (dari bagian dalam tubuh endapan ke arah batuan samping) : adularia, *illite*, kuarsa, yang kelimpahannya menurun, dan pirit. Alterasi pada skala regional di level yang dalam berupa *propylitic assemblage* yang mengandung kuarsa, klorit, *illite*, pirit, kalsit, albit, adularia, dan epidot. Intensitas alterasi tergantung pada permeabilitas, porositas, dan kereaktifan *hostrock*, yang pada umumnya berupa batuan vulkanik.

Buchanan pada tahun 1981 mengajukan model untuk endapan epitermal yang mengkorelasikan suhu dan kedalaman terhadap keterdapatan mineral bijih dan pengayaannya. Berdasarkan model tersebut, horizon pengayaan logam mulia berada pada kisaran temperatur 210-240°C dan kedalaman 225-475 meter dari *paleosurface*. Horizon pengayaan logam dasar memiliki kisaran temperatur dan kedalaman yang lebih tinggi daripada horizon pengayaan logam mulia, yaitu 230-260°C dan 425-550 meter.