

**PENYELIDIKAN GEOKIMIA REGIONAL SISTEMATIK  
LEMBAR DENPASAR DAN MATARAM  
PROVINSI BALI**

*Oleh :*  
**Sumartono**  
**SUBDIT MINERAL LOGAM**

---

**ABSTRACT**

*A low sampling density (1/24km<sup>2</sup>) systematic regional geochemical investigation of -80# stream sediment was conducted in Bali Province underlain by volcanic and sedimentary rocks of Tertiary to Quaternary age.*

*Statistical approach including cluster, factor and correlation analyses have revealed mineralization, lithology, geochemical surface environment processes and possible environmental pollution impact and they are still imprinted within secondary dispersion environment.*

*Possible epithermal Au ± base metals sulphides and base metals massive sulphides of VMS type mineralization were indicated by As\_Au\_Cu and Pb\_Zn spatial anomalous association.*

*Geochemical surface environmental process due to Fe\_Mn oxides coprecipitation or scavenging was demonstrated by Co\_Zn\_Fe\_Mn spatial association, whereas Cr\_Ni and K\_Li association denoted to intermediate to basic and acid volcanic rocks respectively.*

**S A R I**

Penyelidikan geokimia sedimen sungai -80# dengan kerapatan 1 conto/24 km<sup>2</sup>, telah dilakukan di wilayah Provinsi Bali yang pada umumnya dihampari batuan-batuan vulkanik dan sedimen Tersier hingga Kuartar.

Penafsiran data geokimia dengan pendekatan analisis statistik multivariat, yaitu analisis gugus (cluster analysis), analisis faktor dan korelasi telah mengungkapkan bahwa proses geokimia di lingkungan sekunder, dalam hal ini sedimen sungai, dapat dipakai untuk mengenali indikasi-indikasi pemineralan, litologi, kemungkinan pencemaran lingkungan dan proses pengayaan unsur dilingkungan permukaan.

Indikasi-indikasi pemineralan epitermal logam Au ± sulfida logam dasar dan logam dasar tipe VMS telah terungkap berdasarkan isyarat-isyarat geokimia, yang tercerminkan sebagai asosiasi spasial unsur-unsur geokimia As\_Au dan Cu dan Pb\_Zn.

Proses pengayaan unsur geokimia dilingkungan permukaan diperlihatkan oleh asosiasi spasial Co\_Zn\_Fe\_Mn, yaitu pengayaan unsur disebabkan pengikatan kimiawi (scavenging) oleh oksida Fe dan Mn. Sedangkan asosiasi lainnya yang meliputi Cr\_Ni dan K\_Li masing-masing sebagai penciri batuan vulkanik berkomposisi andesit – basal dan batuan vulkanik berkomposisi dasitis.

**1. PENDAHULUAN**

Penyelidikan geokimia regional sistematis dengan kerapatan 1 per 24 km<sup>2</sup> meliputi daerah seluas 4.300 km<sup>2</sup>, dilaksanakan pada bulan Juli – September 2004 di Lembar Peta Denpasar & Mataram pada skala 1: 250.000 (Gambar 1).

Penyelidikan tersebut dilakukan sebagai penyediaan data dasar geokimia untuk melengkapi basis data Sistem Informasi

Sumber Daya Mineral Indonesia, dan berperan penting dalam eksplorasi mineral, serta untuk keperluan lainnya seperti : pertanian, perkebunan, peternakan pemukiman, bahkan mulai digunakan dalam pengelolaan masalah lingkungan, konservasi dan bidang kesehatan.

**2. GEOLOGI**

Penyelidikan sebelumnya yang pernah dilakukan di wilayah Pulau Bali, meliputi

penyelidikan mineral industri, panas bumi, pemetaan geofisika anomali bouguer, pemetaan kawasan rawan bencana gunungapi dan pemantauan lingkungan kimia air tanah.

Kondisi geologi P. Bali merupakan manifestasi penunjaman (subduksi) Kenozoikum Kerak Samudera Hindia terhadap dataran Sunda. (Crostell, dkk 1976; Katili, 1975; Audrey-Charles, dkk, 1975). Batuan beku dan vulkanik pada umumnya berafiliasi kalk-alkalin.

Daerah penyelidikan merupakan daerah yang berbentang alam : rangkaian gunung berapi berrelief kasar, perbukitan bergelombang dan karst dengan relief kasar dan morfologi karst berrelief kasar, berpola aliran sungai radier hingga dendritik.

Penyajian peta geologi yang disederhanakan bersumber dari Peta Geologi P3G versi Purbo-Hadiwidjojo M.M (1971) (Gambar 2)

Batuan tertua yang tersingkap di pulau ini adalah batuan vulkanik berumur Miosen Bawah, terdiri dari aglomerat andesitis sampai basaltis bersisipan batuan karbonatan, napal, batupasir, lava andesitis/basaltis dan tuf. Kadang-kadang dijumpai fosil foraminifera pada batuan karbonatan dan batu apung pada tuf. Kelompok batuan tersebut tersebar sebagian besar di bagian barat, sedikit di timur dan utara daerah penyelidikan.

. Kelompok batuan sedimen yang terdiri dari batugamping dan batugamping pasir dan diperkirakan berumur Tersier, menyebar di bagian selatan.

Di bagian tengah daerah penyelidikan, mulai dari barat hingga timur pada umumnya ditutupi oleh batuan vulkanik yang relatif lebih muda yaitu batuan vulkanik Kuartar, yang terdiri dari lava, lahar, breksi dan tuf, pada umumnya berkomporsi dasit, andesit sampai basal dan sering dijumpai tuf yang mengandung batuapung. Mineral asesori dari grup mika terutama biotit, mineral sedikit magnetite dan ilmenit sangat lazim ditemukan pada batuan vulkanik lelehan dan piroklastik.

Sedangkan di bagian barat dijumpai sebaran batuan sedimen Kuartar yang terdiri dari batupasir, konglomerat dan batugamping terumbu.

Aluvial terdiri dari endapan lempung, pasir, kerikil, kerakal hingga bongkah bermacam-macam batuan yang diendapkan

di sepanjang dataran banjir sungai dan muara yang merupakan hasil pengendapan sungai – sungai besar, serta di sepanjang pantai yang merupakan hasil pengendapan pantai.

Struktur geologi secara umum teramati berupa kelurusan-kelurusan morfologi yang diperkirakan sebagai sesar dominan berarah barat - timur dan sebagian kecil berarah utara–selatan seperti yang terlihat di bagian timur. Struktur dominan tersebut memotong batuan-batuan vulkanik dan sedimen Tersier.

Pelapukan cukup kuat dengan batuan penutup vulkanik Kuartar menyebabkan sulit mengamati jejak-jejak struktur di daerah penyelidikan.

### 3. MINERALISASI

Indikasi pemineralan teramati pada *float* batuan berstruktur breksi (*argillized breksi tuff?*), dan sedikit mengandung barik-barik (*stringers*) kuarsa yang terlimonitkan. Ubahan tersebut ditemukan di Sungai Bedugul daerah Amed, yaitu di bagian timurlaut daerah penyelidikan, mungkin bersal dari *windows* batuan vulkanik Tersier pada lingkungan batuan vulkanik Kuartar (breksi tuf dan lahar) yang sangat tebal. Seperti halnya busur kepulauan bergunung api lainnya yang menyebar di NTT dan NTB, secara fisiografi P. Bali memungkinkan untuk ditemukan pemineralan logam. Asumsi tersebut terbukti dengan teramatinya indikasi pemineralan, walaupun sedikit sekali, yaitu pada bongkah batuan breksi tuf, mengalami ubahan argilik (silica-clay, sedikit ( $\leq 0,1\%$ ) limonitik *quartz stringers* (*barik-barik kuarsa*) (F2556 : 347014 E, 9074996 N). Berdasarkan informasi penduduk setempat, bahwa di daerah tersebut pernah ada kegiatan eksplorasi emas (KP) milik PT.Nusa Bayah Kencana, namun sudah diitnggalkan, dan tidak pernah ada laporannya.

Dari hasil pengamat-pengamat terdahulu dan kenyataan di lapangan, bahan galian C (meliputi batugamping, tras, sirtu dan tanah liat) di P. Bali mempunyai potensi yang cukup menarik. Namun sebagai daerah yang sudah dikenal sebagai daerah pariwisata tentunya perhatian lebih di arahkan untuk menjaga kelestarian alamnya agar pulau ini tetap memperlihatkan daya tarik wisata. Berkaitan dengan ini, perlu dilakukan inventarisasi dan evaluasi penyebaran bahan galian tersebut agar menjadi komoditi unggulan, sehingga penambangan secara bijaksana dapat meningkatkan pendapatan asli daerah, namun ramah lingkungan.

#### 4. PENYELIDIKAN GEOKIMIA

Telah terkumpul 165 conto sedimen sungai (aktif) -80 mesh seberat  $\pm 200$  gram berat kering, dengan kerapatan conto satu conto per  $24 \text{ km}^2$ , pada daerah seluas  $\pm 4.300 \text{ km}^2$  dari wilayah P. Bali yang mempunyai luas  $5.448 \text{ km}^2$

Kerapatan conto ditentukan dengan mempertimbangkan aspek geologi, pola aliran sungai dan pencapaian daerahnya. Hampir 20 % wilayah P. Bali, yaitu di bagian tengah ditutupi oleh batuan vulkanik Kuarter.

Oksida Fe\_Mn dan derajat keasaman air sungai (pH) sangat berpengaruh terhadap mobilitas unsur di lingkungan dispersi sekunder. Oksida-oksida tersebut sanagat umum ditemukan pada lingkungan batuan vulkanik (banyak dijumpai presipitasi mineral berat magnetit, ilmenit dan mangan), yang besar pengaruhnya terhadap konsentrasi unsur pada conto sedimen sungai. Sering dijumpai anomali unsur geokimia sebagai hasil pengikatan kimiawi (scavanging) pada oksida-oksida Fe dan Mn.

Derajat keasaman air sungai (pH), merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi mobilitas unsur geokimia. Hasil pengukuran mengungkapkan pH di daerah penyelidikan pada umumnya bersifat basa ( $> 8$ ), dan setempat-setempat diselingi oleh pH bersifat netral ( $\geq 7 - 8$ ). Keadaan sifat derajat keasaman tersebut, secara umum cenderung dipengaruhi oleh komposisi batuan vulkanik. Pada lingkungan pH air sungai relatif basa, unsur runtu (*trace elements*) pada umumnya mempunyai mobilitas yang cukup tinggi, dan ini sangat membantu dalam penyelidikan geokimia di daerah yang mempunyai tanah (soil) ataupun batuan muda penutup yang tebal.

Conto-conto geokimia sedimen sungai (aktif), dan batuan yang terkumpul dipreparasi dan dianalisis di Laboratorium Kimia Mineral Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral Bandung. Unsur-unsur yang ditentukan terdiri dari Cu, Pb, Zn, Co, Ni, Mn, Li, K, Cr, Fe, Au, Ag, As, Sb, dan Mo.

Hasil analisis geokimia disajikan dalam satuan ppm, kecuali Fe (%) dan Au (ppb). Karakteristik distribusi unsur geokimia pada umumnya adalah normal. Kemudian data di analisis statistik dengan metoda korelasi, analisis gugus (cluster analysis) dan analisis faktor

Zonasi kewilayahan (trend of regional distribution) sebaran unsur atau asosiasi spasial unsur geokimia lebih jelas disajikan dengan pola spektrum warna dengan kelas interval ditentukan dengan metoda kecenderungan pengelompokan nilai pada kurva probabilitas kumulatif (*natural break*).

#### 5. HASIL PENYELIDIKAN GEOKIMIA

Penafsiran melalui pendekatan asosiasi/pengelompokan unsur lebih menjelaskan proses yang mendasari distribusi yang terjadi pada unsur-unsur geokimia.

Pendekatan analisis statistik multivariabel mengungkapkan isyarat geokimia yang diperlihatkan oleh pengelompokan: As\_Au\_Cu; Pb\_Zn; Co\_Zn\_Fe\_Mn ; Cr\_Ni ; K\_Li.

#### 6. PEMBAHASAN HASIL PENYELIDIKAN GEOKIMIA

Secara fisiografi pulau Bali yang merupakan bagian dari busur kegunungapian Banda, berkomposisi batuan beku (vulkanik) kalk-alkalin, dan memungkinkan untuk ditemukan pemineralan logam. Hal ini terbukti dengan terungkapnya mandala geokimia unsur logam Au, Ag, As, Cu, Pb dan Zn yang menyebar di bagian selatan daerah penyelidikan.

Sebaran anomali unsur Au, Cu, As  $\pm$  Ag dan Mo di bagian timur daerah penyelidikan, berasosiasi dengan batuan yang mengalami ubahan argilik dan mengandung barik-barik kuarsa yang terlimonitkan, membuktikan kemungkinan pemineralan epitermal Au, diikuti anomali Ag  $\pm$  logam dasar. Sedangkan di bagian barat berasosiasi dengan batuan vulkanik Tersier terpropilitkan dan anomali Ag.

Hasil analisis geokimia batuan tidak memberikan hasil yang menjanjikan, yaitu : Mo = 5 ppm, Au = 9 ppb, Cu = 26 ppm, Pb = 16 ppm, Zn = 6 ppm).

Mandala geokimia Pb dan Zn tersebar di bagian selatan sedikit diikuti anomali Ag dan Mo, yaitu di sekitar daerah G. Batuan yang diikuti anomali Fe dan Mn (Gambar 4) berasosiasi dengan batuan vulkanik berkomposisi basaltis andesitis. Hal ini ditafsirkan sebagai indikasi kemungkinan hadirnya pemineralan logam dasar Pb/Zn tipe VMS ?

Sebaran Sb pada umumnya cenderung berafiliasi dengan peninggian Mn di

lingkungan batuan vulkanik berkomposisi asam.

Hal yang menjadi permasalahan eksplorasi mineral logam di wilayah Provinsi Bali adalah ketebalan produk Gunung api Kuartar, dan pertimbangan bahwa wilayah ini merupakan kawasan wisata, maka perlu dikaji lebih lanjut manfaatnya.

Asosiasi Co\_Zn\_Fe\_Mn (Gambar 5) merupakan penciri proses geokimia yang lazim di lingkungan geokimia permukaan.

Kelompok ini erat terkait dengan sebaran kelompok litologi vulkanik Kuartar berkomposisi menengah sampai basa, yang mempunyai konsentrasi latar belakang Zn dan Co yang cukup tinggi. Akibat lingkungan pH basa sehingga terjadi peningkatan *secondary dispersion* terhadap unsur-unsur tersebut, kemudian diikat secara kimiawi oleh oksida-oksida mangan dan besi yang berasal dari mineral-mineral feromagnesian.

Variasi harga Cr dan Ni secara umum kecil dibandingkan konsentrasi pada kerak bumi. Batuan berkomposisi ultra basa tidak pernah dijumpai di daerah ini. Dari hasil pemetaan sebaran unsur-unsur dan asosiasinya, isyarat geokimia tersebut tersebar di wilayah barat yaitu di sekitar wilayah G. Mesehe dan G. Patas, dan di sebelah timur Kota Bangli dan Klungkung dan kemungkinan dapat ditafsirkan sebagai indikasi hadirnya batuan vulkanik berkomposisi menengah sampai basa.

Demikian halnya dengan K, Li, indikasi tersebut ditafsirkan sebagai cerminan hadirnya batuan vulkanik berkomposisi asam (umumnya lava dan piroklastik berkomposisi dasitis), yang tersebar di bagian tengah mulai dari wilayah bagian utara Kota Denpasar hingga di wilayah Kota Singaraja di utara. Li ditafsirkan/mungkin berasal dari grup mika (spesies lepidolit dan biotit) dan K berasal dari spesies potasium felspar (Gambar 6).

Peninggian konsentrasi unsur Pb yang bersifat setempat-setempat dan tanpa diikuti peninggian unsur lainnya seperti yang terlihat dibagian utara dan sebarannya secara umum dekat dengan kota besar mungkin dapat ditafsirkan sebagai manifestasi pencemaran lingkungan yang diakibatkan oleh bahan bakar kendaraan.

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Provinsi Bali secara umum dihampari

batuan vulkanik dan sedimen Tersier dan Kuartar, berkomposisi dasitis, andesitis hingga basaltis. Jejak sesar tidak terlalu berkembang dengan jelas, akibat tertutup produk vulkanik Kuartar yang cukup tebal.

Hasil penyelidikan geokimia sedimen sungai –80#, dilakukan di wilayah tersebut, dan telah mengungkapkan isyarat-isyarat geokimia yang meliputi indikasi pemineralan, komposisi batuan dan proses geokimia lingkungan permukaan.

Indikasi geokimia yang menjelaskan hadirnya suatu pemineralan meliputi :

- a) Asosiasi unsur-unsur geokimia As\_Au\_Cu ± Ag dan Mo, telah ditafsirkan sebagai petunjuk pemineralan epitermal logam Au ± sulfida logam dasar dan
- b) Asosiasi Pb\_Zn ± Ag dan Mo yang ditafsirkan sebagai petunjuk kemungkinan pemineralan tipe VMS Pb/Zn.

Indikasi tersebut telah dipetakan sebarannya berdasarkan peta sebaran sektor faktor, dan selanjutnya direkomendasikan untuk menindak lanjuti indikasi prospek-prospek yang telah dilokalisasi, yaitu di bagian selatan dan timur daerah penyelidikan (Gambar 7).

Asosiasi Co\_Zn\_Fe\_Mn telah ditafsirkan sebagai indikasi/isyarat proses pengikatan kimiawi (scavanging) oleh oksida Fe dan Mn. Sedangkan asosiasi lainnya yang meliputi Cr\_Ni ; K\_Li masing-masing telah ditafsirkan sebagai penciri batuan vulkanik berkomposisi andesit – basal dan batuan vulkanik berkomposisi dasitis. Sb tidak memperlihatkan zona peninggian cukup signifikan, sebarannya cenderung dipengaruhi oksida Mn pada lingkungan batuan vulkanik berkomposisi relatif asam.

Peneliti-peneliti terdahulu (misalnya : Madiadipoera., dkk., 1980) telah menginformasikan bahwa Pulau Bali merupakan daerah yang cukup potensial untuk pertambangan bahan galian industri, serta menyimpan potensi energi panas bumi, dan besar kemungkinannya prospek untuk bahan galian logam. Namun demikian wilayah ini telah dikenal sejak lama sebagai salah satu daerah unggulan pariwisata, maka sebaiknya potensi-potensi tersebut tidak dieksploitasi. Namun bila potensi bahan galian industri tersebut mendesak/memang benar-benar diperlukan, maka eksploitasinya harus

dilaksanakan dengan cukup bijaksana, artinya tetap menjaga kelestarian lingkungan.

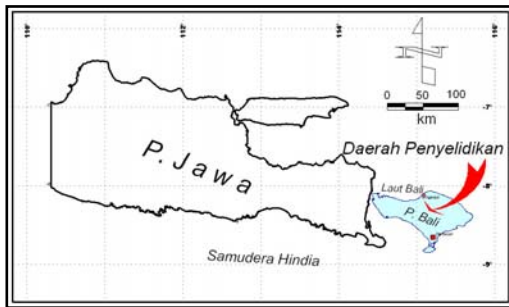
Kemungkinan adanya indikasi pemineralan logam serta potensi energi panas bumi, sebaiknya ditindak lanjuti namun disarankan hanya sebatas untuk diinventarisir, sebagai bahan untuk melengkapi basis data Sistem Informasi Sumber Daya Mineral Indonesia dan informasi untuk pemerintah daerah.

Pemanfaatan data geokimia sedimen sungai sebagai alat pemantau penemuan lingkungan akan lebih optimal infomasinya, bila unsur-unsur indikator pencemaran lainnya diikutsertakan dalam program analisis geokimia mendatang (misalnya, Cd dan Hg). Begitu juga di bidang lainnya seperti pertanian misalnya, perlu diikutsertakan unsur-unsur yang diperlukan sebagai indikator bidang pertanian, dan hal ini perlu dikordinasikan dengan lembaga terkait.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Husin A., 1969. *Laporan Singkat Tentang Penyelidikan Pendahuluan terhadap Pasir Pantai Selatan Bali*.
- Madiadipoera., dkk., 1980. *Hasil Seminar dan Lokakarya Pengembangan Industri Kapur di Bali*. Direktorat Sumberdaya Mineral. Sub Direktorat Eksplorasi Mineral Bukan Logam dan Batubara.
- Purbo-Hadiwidjojo M.M., 1971. *Peta Geologi Lembar Bali skala 1: 250.000*. Ditebitkan oleh Direktorat Geologi Bandung.
- Suryana N., dkk., 1992. *Peruntukan Lahan Usaha Pertambangan Dalam Tata Ruang Wilayah di Kabupaten Karangasem dan Kabupaten Tabanan, Propinsi Bali*. Laporan Pengembangan Mineral Regional No.87. Departemen Pertambangan dan Energi, Direktorat Jenderal Pertambangan Umum.Pusat. Pengembangan Mineral Regional.
- Suud A.F., dkk., 1995. *Lokasi dan Potensi Sumberdaya Mineral (Bahan Galian Golongan B dan C). Propinsi Nusa Tenggara Barat*. Departemen Pertambangan dan Energi Sekretariat Jenderal. Kantor Wilayah Propinsi Nusatenggara Barat .

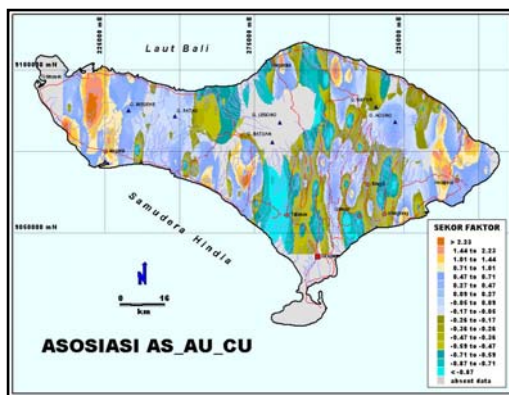
Untung M., 1972. Peta Anomali Bouguer Lengkap Bali skala 1: 250000. Diterbitkan oleh **Direktorat Geologi**



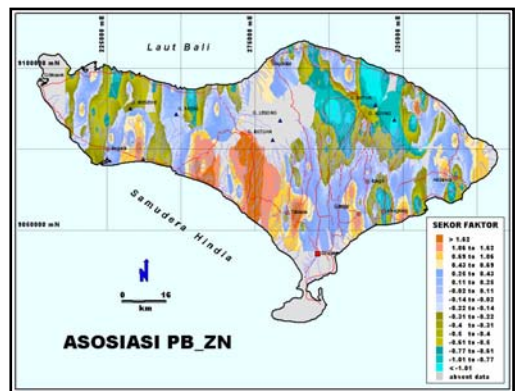
Gambar 1. Peta lokasi daerah penyelidikan



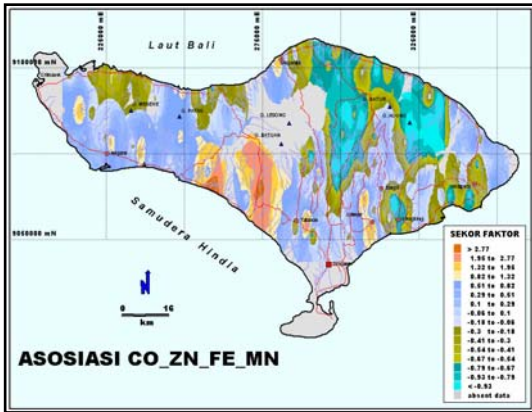
Gambar 2. Peta Geologi disederhanakan



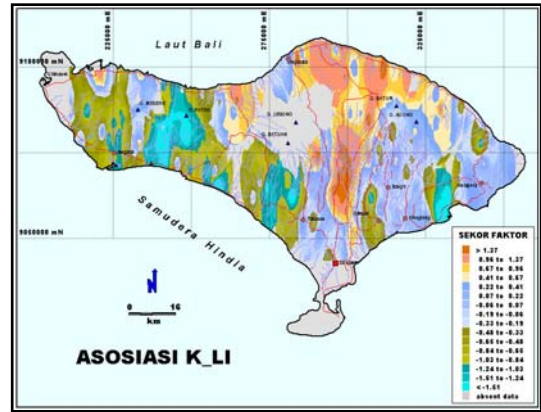
Gambar 3. Peta geokimia asosiasi As\_Au\_Cu



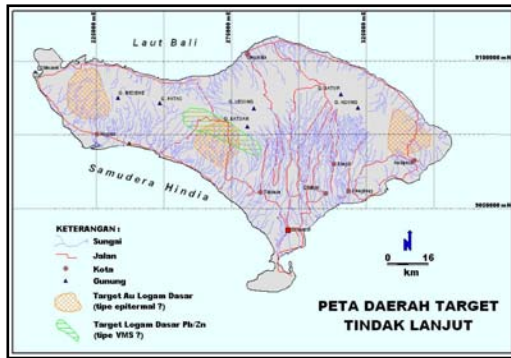
Gambar 4. Peta geokimia asosiasi Pb\_Zn



Gambar 5. Peta geokimia asosiasi Co\_Zn\_Fe\_Mn



Gambar 6. Peta geokimia asosiasi K\_Li



Gambar 7. Peta daerah target Tindak lanjut