

PENENTUAN ENDAPAN EMAS EPITERMAL SULFIDA TINGGI BERDASARKAN ANALISA MINERAL ALTERASI DI DAERAH MARTABE, TAPANULI SELATAN SUMATERA UTARA

Lismawaty, Joni Fitra, Sedarta, Tengku Tibri dan M. Eka Onwardana

Fakultas Teknologi Mineral, Institut Sains dan Teknologi TD. Pardede
Jl. DR. TD. Pardede No. 8, Medan 20153, Sumatera Utara

lismawaty@istp.ac.id, jonifitra@istp.ac.id, sedarta@istp.ac.id,
tengkutobri@istp.ac.id, ekaonwardana@istp.ac.id

ABSTRAK

Pembentukan endapan logam emas banyak dihasilkan dari larutan hidrotermal (larutan sisa magma) yang salah satunya dari tipe epitermal sulfida tinggi, yaitu dari larutan hidrotermal bersifat lebih asam dengan temperature 100°C– 350°C. Interaksi larutan hidrotermal dengan batuan sampling akan membentuk mineral alterasi dan mineral logam (mineralisasi). Pembentukan mineral alterasi dan mineral logam sangat dipengaruhi oleh kondisi atau komposisi larutan dan batuan samplingnya. Dengan demikian dari kehadiran mineral alterasi tertentu dapat ditafsirkan jenis larutannya yang selanjutnya digunakan untuk menafsirkan tipe endapannya maupun jenis mineral logam yang akan dihasilkan. Penelitian dilakukan melalui sampel core dari enam sumur dengan tujuan untuk mengetahui proses alterasi, kondisi larutan dan jenis larutan hidrotermal melalui mineral-mineral alterasinya. Identifikasi mineral-mineral alterasi dilakukan melalui pengamatan megaskopis, mikroskopis (analisa petrografi) dan analisa PIMA. Stratigrafi daerah penelitian secara berurutan dari tua ke muda disusun oleh satuan andesit hornblende dan breksi vulkanik yang secara umum telah teralterasi dengan intensitas alterasi lemah-kuat. Mineral alterasi yang hadir berupa monmorilonit, kaolinit, haliosit, piropilit, serisit/muskopit, klorit, dickit, alunit dan silika. Mineral alterasi hadir dengan tekstur *desiminated, vugy, veint, veintlet, stratiform, colloform, comb structure*. Himpunan mineral alterasi tersebut membentuk zona alterasi *intermediet argilic, advanced argilic dan, zona alterasi argilic*. Larutan hidrotermal yang mengontrol proses alterasi daerah penelitian memiliki temperatur 100°C-300°C dengan kondisi pH asam sampai sedikit netral atau dengan kata lain dari jenis larutan epitermal sulfida tinggi. Aktivitas hidrotermal di daerah penelitian ditafsirkan terjadi dua kali proses, hal ini berdasarkan kondisi larutan serta tekstur maupun struktur alterasinya.

Kata Kunci : *Alterasi, mineralisasi, endapan emas, sulfida tinggi*

PENDAHULUAN

Penelitian alterasi dan mineralisasi dilakukan di areal Kontrak Karya OZPT. Agincourt Resource Martabe (OZPTAR) yang berada di Kecamatan Batangtoru Kabupaten Tapanuli Selatan, Provinsi Sumatera Utara. Penelitian dimaksudkan untuk mengidentifikasi batuan teralterasi dengan tujuan mengetahui jenis mineral alterasi

berikut zona alterasinya dan mengetahui kondisi larutan penyebab terjadinya alterasi atau menentukan tipe endapannya. Metode penelitian dilakukan dengan mengamati batuan dari sampel core yang berasal dari enam sumur. Kedalam sumur terdalam 330 meter pada sumur satu dan terendah pada kedalaman 130,4 m di sumur empat dan enam, sumur dua dan tiga

memiliki kedalaman 200 m dan sumur lima 155 m. Identifikasi mineral-mineral alterasi dilakukan melalui pengamatan secara megaskopis, mikroskopis (analisa petrografi) dan analisa PIMA khusus untuk jenis mineral lempung.

Proses alterasi terjadi oleh adanya interaksi antara larutan hidrotermal dengan batuan. Proses interaksi tersebut dapat membentuk mineral alterasi maupun mineral bijih. Mineralisasi yang dihasilkan dikontrol oleh kondisi larutannya (kondisi temperatur dan kimia/pH), kondisi batuan sampling (komposisi mineral, permeabilitas), serta waktu atau lamanya interaksi (Brown, 1978 dalam Corbett). Berdasarkan hal tersebut, maka melalui mineral-mineral alterasi dapat ditentukan kondisi larutan hidrotermal atau tipe endapan hidrotermalnya.

LITOLOGI

Stratigrafi bawah permukaan daerah penelitian secara berurutan dari tua ke muda disusun oleh dua satuan, yaitu satuan andesit hornblende dan breksi vulkanik. Secara umum batuan telah alterasi dengan intensitas alterasi lemah - kuat. Hadirnya struktur geologi ditunjukkan oleh adanya zona hancuran batuan di masing-masing sumur.

Andesit Hornblende

Secara umum batuan telah berubah dengan intensitas lemah sampai kuat. Identifikasi tekstur dan komposisi mineral primer terlihat pada batuan yang intensitas alterasinya lemah. Batuan bertekstur hipokristalin, ukuran butir fanerik halus sampai sedang dan porfiritik. Komposisi mineral didominasi oleh plagioklas yang hadir antara 58%-70%, hornblende 12%-15%, mineral opak 12%-15% dan mineral kuarsa yang hadir < 10 % atau 3%-9%. Plagioklas dan hornblende berperan sebagai fenokris, selain sebagai masa dasar.

Satuan andesit hornblende hadir di setiap sumur dan hadir mendominasi, kecuali pada sumur tiga dan sumur empat. Di setiap sumur kehadirannya berulang di beberapa kedalaman, paling banyak berulang di empat kedalaman (sumur satu) dan hanya di satu sumur yang hadir tidak berulang atau hanya hadir di satu kedalaman, yaitu di sumur empat. Ketebalan di setiap perulangan sangat bervariasi, paling rendah memiliki ketebalan 22 meter.

Breksi Vulkanik

Penamaan breksi vulkanik berdasarkan komponen penyusun yang terdiri dari pecahan-pecahan atau fragmen vulkanik dalam massa dasar yang juga batuan vulkanik. Komponen penyusunnya terdiri dari

fragmen vulkanik yang hadir 40% - 70% (dominan berupa fragmen dasit 72% - 90%, andesit 20%) dalam masa dasar yang juga batuan vulkanik dasit antara 30% - 60%. Pada fragmen dasit hadir fragmen batupasir 20% dan mineral opak <6%. Pada breksi vulkanik ini hadir accretionary ball 2%, dimana intinya merupakan fragmen dasit yang dilingkupi silika yang terjadi akibat hadirnya larutan hidrotermal yang kaya akan silika.

Seperti halnya andesit hornblende, breksi vulkanik juga telah berubah dan hadir di setiap sumur serta hadir berulang di beberapa kedalaman dan paling dominan hadir di sumur tiga dan sumur 4. Pada sumur dua, breksi vulkanik hadir paling tipis dan hanya hadir di satu kedalaman, yaitu di kedalaman 98,9 m-110,7 m atau dengan ketebalan 11,6 m.

Alterasi Daerah Penelitian

Pengamatan mineral alterasi di setiap satuan batuan di masing-masing sumur dilakukan melalui pengamatan secara megaskopis, mikroskopis (petrografi) dan analisa dengan alat PIMA. Mineral alterasi yang dapat diidentifikasi melalui tiga jenis pengamatan tersebut adalah mineral monmorilonit, kaolinit, haliosit, pirofilit, serisit/muskopit, klorit, dickit, alunit dan silika. Mineral alterasi yang diamati dengan alat PIMA hanya mineral-mineral golongan lempung, yaitu mineral monmorilonit, kaolin, haloisit dan pirofilit, sedangkan jenis mineral alterasi lainnya diidentifikasi secara megaskopis dan mikroskopis.

Proses alterasi atau proses pembentukan mineral alterasi di satuan andesit hornblende dan di breksi vulkanik terjadi melalui proses *replacement*, *cavity filling* dan proses *leaching*. Proses pencucian (*leaching*) merupakan proses yang paling dominan terjadi dan diindikasikan oleh hadirnya tekstur atau struktur growong atau *vugy structure*. Proses ini merupakan proses yang paling dominan dibanding proses alterasi lainnya dan dijumpai di setiap sumur. Proses *replacement* atau proses penggantian yang terjadi diindikasikan dengan hadirnya tekstur *desiminated* pada batuan. Proses penggantian terjadi baik pada fenokris hornblende, plagioklas maupun di masa dasarnya, dimana penggantian terjadi pada seluruh mineral primer dan membentuk *selective structure* maupun penggantian sebagian membentuk *relict structure*. Proses ini hadir di semua sumur (kecuali di sumur satu) dan dominan dijumpai di sumur enam. Proses pengisian (*cavity filling*) merupakan proses yang paling jarang dijumpai, walaupun hadir hanya dengan interval kedalaman yang tidak lebih dari 30 meter. Indikasi dari proses ini terlihat oleh hadirnya struktur urat-

urat halus (*veinlet*), *veint*, *banded structure*, *colloform structure*, *comb structure* sebagai hasil proses *open space filling*. Proses pengisian juga terjadi pada *vugy structure*, baik terisi penuh maupun terisi sebagian.

Seluruh mineral alterasi yang terbentuk hadir di satuan andesit hornblende, sedangkan di satuan breksi vulkanik, mineral alterasi yang selalu hadir hanyalah mineral alunit, dickit dan silika, kecuali di sumur dua mineral alterasi tersebut tidak hadir di breksi vulkanik. Mineral alterasi klorit tidak hadir di breksi vulkanik, namun umum hadir di andesit hornblende. Pada sumur dua, empat dan sumur enam klorit tidak hadir baik di andesit hornblende maupun di breksi vulkanik. Mineral alterasi lain yang tidak hadir di kedua satuan batuan adalah mineral piropilit tidak hadir di sumur empat – enam, serisit juga tidak hadir di sumur tiga – lima, begitu juga dengan kaolin yang tidak hadir di sumur dua dan monmorilonit yang tidak hadir di sumur empat. Mineral silika terbentuk hasil proses silisifikasi, terutama hadir dominan di sumur empat, sumur enam dan hadir dengan interval ketebalan yang cukup signifikan.

Berdasarkan himpunan mineral alterasi yang hadir, selanjutnya dianalisa untuk menentukan zona alterasi menggunakan klasifikasi beberapa penulis (*Creasey, 1959, Lowell and Gilbert, 1970, dan Thompson, 1996*). Dalam satu zona alterasi terdiri dari himpunan mineral alterasi yang mengindikasikan terbentuk pada kondisi kimia dan temperatur yang sama. Berdasarkan hal tersebut, zona alterasi daerah penelitian dibagi atas tiga, yaitu zona alterasi argilik menengah (*intermediet argilic*), argilik lanjut (*advanced argilic*), argilik (*argilic*) dan zona alterasi silika.

Zona Alterasi Argilik Menengah (Intermediet Argilic)

Himpunan mineral alterasi pada zona alterasi argilik menengah adalah klorit – monmorilonit-kaolin-silika. Penciri dari zona alterasi ini adalah hadirnya klorit diikuti monmorilonit dan kaolin. Zona alterasi ini terutama hadir di andesit hornblende (kecuali andesit hornblende di sumur empat dan enam), sedangkan pada breksi vulkanik zona alterasi ini tidak hadir. Berdasarkan hal tersebut, maka zona alterasi argilik menengah hanya hadir di empat sumur, yaitu di sumur satu – sumur tiga dan sumur lima. Batuan yang mengalami zona alterasi ini memiliki kekerasan yang masih tergolong keras atau kekerasan menengah dan batuan relatif berwarna kehijauan, dikarenakan hadirnya klorit dalam jumlah yang signifikan.

Zona Alterasi Argilik Lanjut (Advanced Argilic)

Dari empat zona alterasi yang hadir di daerah

penelitian, zona alterasi argilik lanjut merupakan zona alterasi yang paling dominan dan hadir di semua sumur, baik di andesit hornblende maupun di breksi vulkanik. Zona alterasi ini terdiri dari himpunan mineral alunit-dickit-piropilit-silika-kaolin.

Mineral penciri dari zona alterasi ini adalah mineral alunit yang selalu hadir diikuti oleh dickit, piropilit dan kaolinit. Berbeda dengan zona alterasi lainnya, dimana monmorilonit tidak hadir, namun hadir di zona alterasi argilik menengah dan zona argilik.

Zona Alterasi Argilik (Argilic)

Zona alterasi argilik disusun oleh himpunan mineral haloisit-monmorilonit-serisit-kaolin, mineral pencirinya haloisit diikuti serisit, monmorilonit. Zona alterasi ini tergolong zona yang hadir dominan setelah zona argilik lanjut, dimana hanya pada sumur empat zona ini tidak hadir dan hadir di kedua batuan penyusun daerah penelitian. Himpunan mineral alterasi yang hadir merupakan golongan mineral lempung, sehingga batuan dengan zona alterasi ini bersifat lunak dan berwarna putih.

Zona Alterasi Silika

Zona silika ditentukan pada batuan yang mengalami silisifikasi, dimana silika hadir sangat dominan, sementara mineral alterasi lain cenderung tidak hadir. Batuan yang mengalami silisifikasi berwarna putih seperti zona argilik lanjut, namun bersifat keras bahkan memiliki kekerasan tinggi dibanding batuan dengan zona alterasi lainnya. Zona alterasi ini lebih dominan hadir di breksi vulkanik dibanding pada andesit hornblende dan dijumpai pada sumur tiga, empat dan sumur lima.

DISKUSI

Kehadiran mineral alterasi dapat digunakan untuk menafsirkan kondisi larutan hidrotermal penyebab terbentuknya proses alterasi, yaitu menafsirkan kondisi temperatur dan kondisi kimianya. Berdasarkan mineral/zona alterasi yang hadir berikut dengan persentasi kehadirannya, diinterpretasikan proses alterasi hidrotermal di daerah penelitian terjadi oleh larutan yang bersifat asam dan mengarah ke netral. Adanya larutan yang bersifat asam ditunjukkan oleh hadirnya mineral alunit, piropilit, dickit, kaolin. Himpunan mineral alterasi tersebut membentuk zona alterasi argilik lanjut – argilik dan hadir mendominasi di daerah penelitian. Hal lain didukung oleh hadirnya tekstur *vugy structure* yang terbentuk oleh proses *leaching* oleh larutan yang bersifat asam. Ditambah lagi dengan hadirnya sulfur yang hadir mengisi ruang kosong hasil pencucian.

Sedangkan indikasi adanya peralihan kondisi larutan

kearah netral ditunjukkan oleh hadirnya mineral klorit dan kuarsa atau yang membentuk zona alterasi argilik menengah dan zona alterasi silika. Kondisi temperatur larutan hidrotermal dominan pada kisaran 200°C – 300°C, hal ini ditunjukkan oleh hadirnya mineral piropilit, dickit, klorit dan kuarsa. Hadirnya mineral kaolin dan alunite juga menunjukkan temperatur larutan hidrotermal pada kisaran 100° – 200°C atau 100°-300°C. Penafsiran kondisi temperatur dan kimia batuan mengacu pada klasifikasi Henley (1993). Adanya proses silisifikasi yang membentuk mineral silika/kuarsa yang hadir melimpah dan beberapa terlihat mengisi *vugy struktur*, diinterpretasikan telah terjadi minimal dua kali aktivitas hidrotermal, aktivitas hidrotermal pertama oleh larutan yang bersifat asam dan diikuti aktivitas kedua oleh larutan yang bersifat kearah netral.

Kondisi larutan yang sedemikian merupakan kondisi larutan hidrotermal, tepatnya larutan epitermal dengan sulfida tinggi. Proses alterasi hidrotermal di daerah penelitian diikuti oleh proses mineralisasi atau pembentukan mineral bijih yang secara petrografi diindikasikan oleh hadirnya mineral opak yang hadir antara 10 – 15%. Mineralisasi yang terbentuk dari larutan hidrotermal sulfida tinggi, digolongkan dalam tipe endapan epitermal sulfida tinggi (*high sulfidation epithermal deposit*). Menurut Heald, dkk (dalam Lowless, dkk, 1998), mineral logam yang umumnya dihasilkan dari kondisi larutan tersebut berupa Cu, Au, Ag (Pb, Hg, Sb, Te, Sn, Mo, Bi).

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih pada pihak perusahaan OZ PT. OZPT. Agincourt Resource Martabe (OZPTAR Martabe) yang telah memberikan izin melakukan penelitian di areal Kontrak Karya nya, yaitu pada Tedd Fowless selaku mine manager, Graham Petersent (geology manager), Surya Atmaja (HRD), Septamto, Jajan Hetrijana (senior geologist), para geologist : Agus Nur Kasnanto, Latifah Henim Siregar, dll, juga pada semua pihak perusahaan yang telah membantu.

DAFTAR PUSTAKA

Allen, R., Doyle, M., McPhie, J, 2005, *Volcanic Textures*, Tasmania 7001, Australia.

Aspden, J. A., Kartawa, W., Aldiss, D.T., Djunuddin, A., Whandoyo, R., Diatma D., Clarke, M.C.G., and Harahap, H., 1982, *Geologi Lembar Padangsidempuan dan Sibolga, Sumatra, Indonesia*, Departemen Pertambangan Dan Energi, Bandung, Indonesia.

Berry, G, L., Dietrich, V.R., Mason, Brian., 1968, *Mineralogy Concepts Descriptions Determinations*, W.H. Freeman and Company, New York.

Bogie, I., Cartwright, JA., Lawless, VJ., Paterson, AL., White, JP., 1998, *Hydrothermal Mineral Deposits in Arc Setting*, Kingston Morrison, Jakarta.

Corbett, J, G., Leach, M, T., 1998, *Southwest Pacific Rim Gold- Copper Systems: Structure, Alteration, and Mineralization*, Bookcrafters, Michigan, U.S.A.

Gifkins, C., Herman W., Large R., 2005, *Altered volcanic Rock*, Tasmania 7001, Australia.

Guilbert, M, J., Jr, Park, F, Charles., 1986, *The Geology of Ore Deposits*, W.H. Freeman and Company, New York, U.S.A.

Kerr, F, P., 1959, *Optical Mineralogy*, Tosho Printing Co. Japan.

OZPTARMARTABE, 2008, *Studi Kelayakan Proyek Tambang Emas Martabe Bab 3: Geologi dan keadaan Deposit, Batang Toru*.

Perkins, D., Henke, R, K., 2000, *Minerals In Thin Section*, Prentice Hall, U.S.A.

Robb, L., 2005, *Introduction to Ore- Forming Processes*, Blackwell Publishing, U.K.

Thompson, B.J.A., Thompson, H.F.J., 1996, *Atlas of Alteration A Field and Petrographic Guide to Hydrothermal Alteration Minerals*. Mineral Deposits Division, Geological Association of Canada, Department of Earth Sciences, Memorial University of Newfoundland, Canada.

Williams, H., Turner. J. F., Gilbert. M.C., 1982, *Petrography An Introduction to the Study Rocks in Thin Sections*, W.H. Freeman and Company, San Francisco, U.S.A.

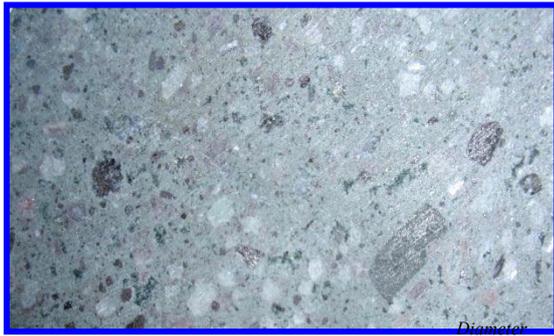


FOTO 1 : Zona alterasi argilik menengah : **kiri**, sample core andesit hornblendeterubah jadi klorit; **kanan**, petrografi fenokris plagioklas terubah jadi klorit

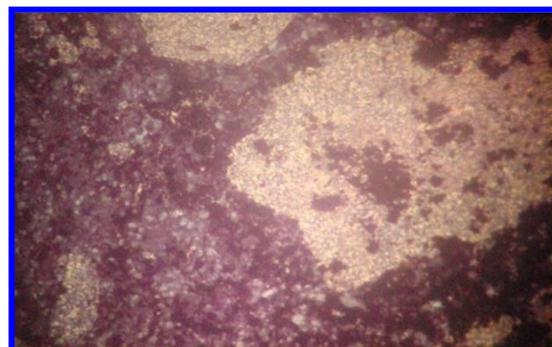


FOTO 2 : Zona alterasi argilik : **atas**, sampel core andesit hornblende terubah; **kiribawah**, mineral alterasi monmorilonit; **kanan bawah**, petrografi mineral muskopit/serisit

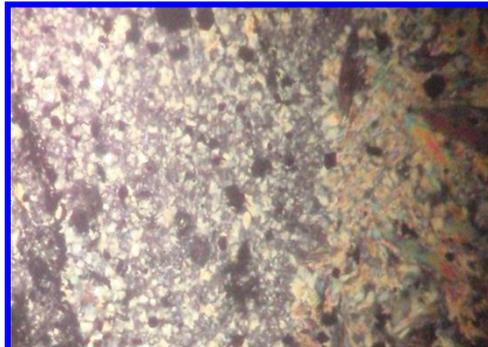
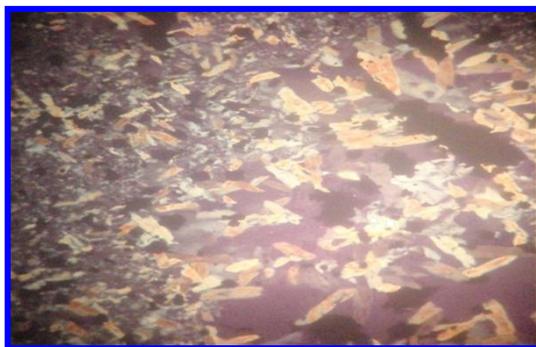


FOTO 3 : Zona alterasi argilik lanjut : **atas**, sampel core breksi vulkanik (atas); **kiri atas**, vugy structure terisi alterasi alunit (a) dan alunit bersama kuarsa membentuk jigsaw (b); **kanan atas**, vein kaolin; **kiri bawah**, petrografi alunit; **kanan bawah**, petrografi piropilit.

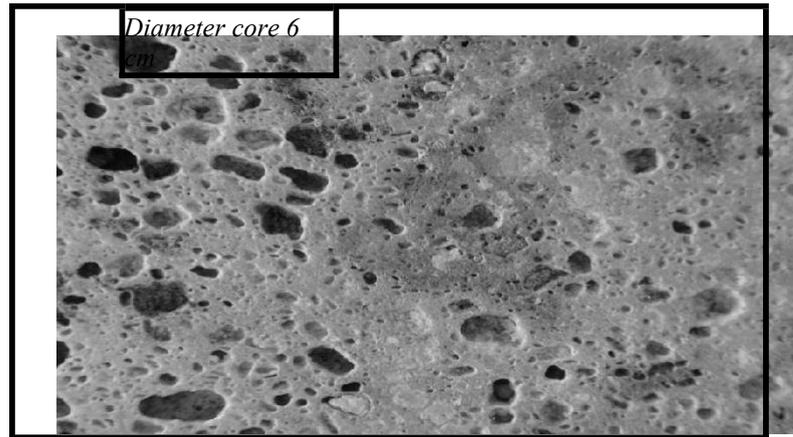


FOTO 4 : *Vugy structure* dan terisi sulfur hasil proses leaching oleh larutan asam

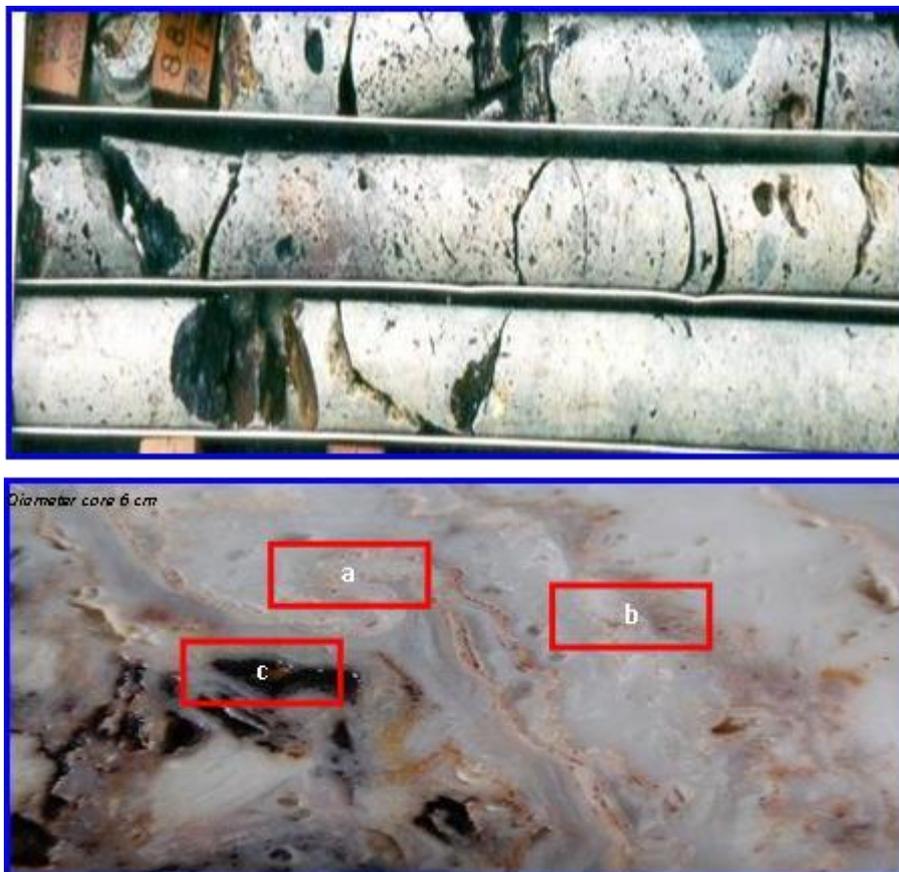
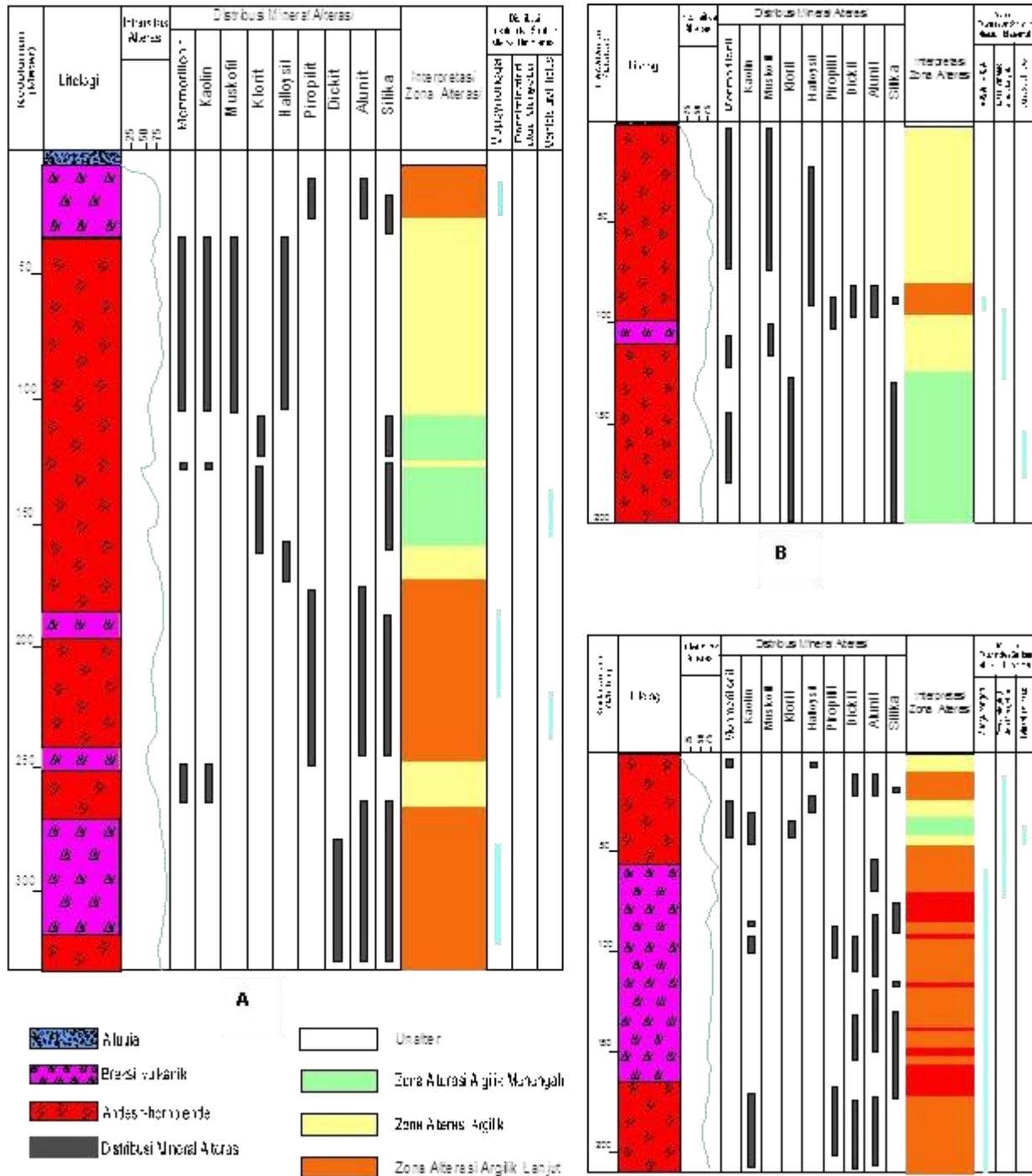
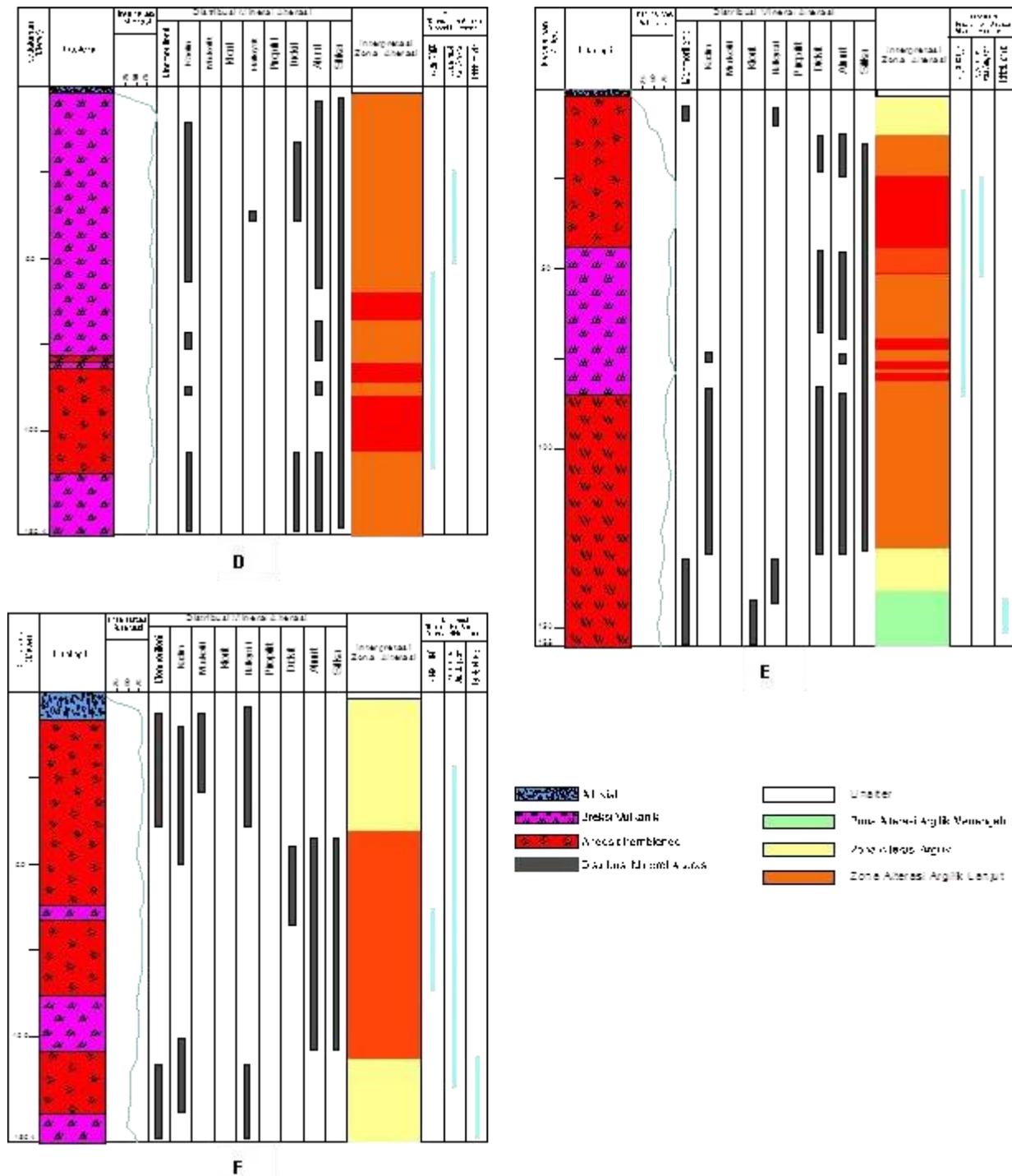


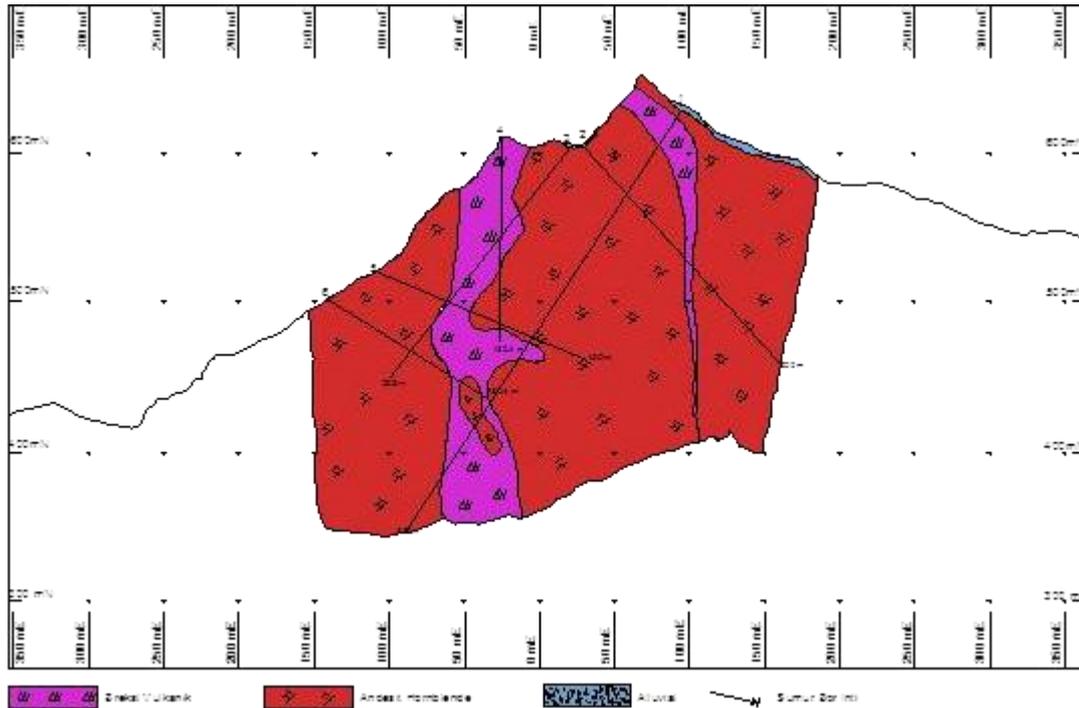
FOTO 5 : Zona alterasi silika : **atas**, proses silisifikasi pada sampel core andesithornblende; **bawah**, silika mengisi rekahan membentuk colloform structure (a), banded structure, mineral biji mengisi ruang kosong (c)



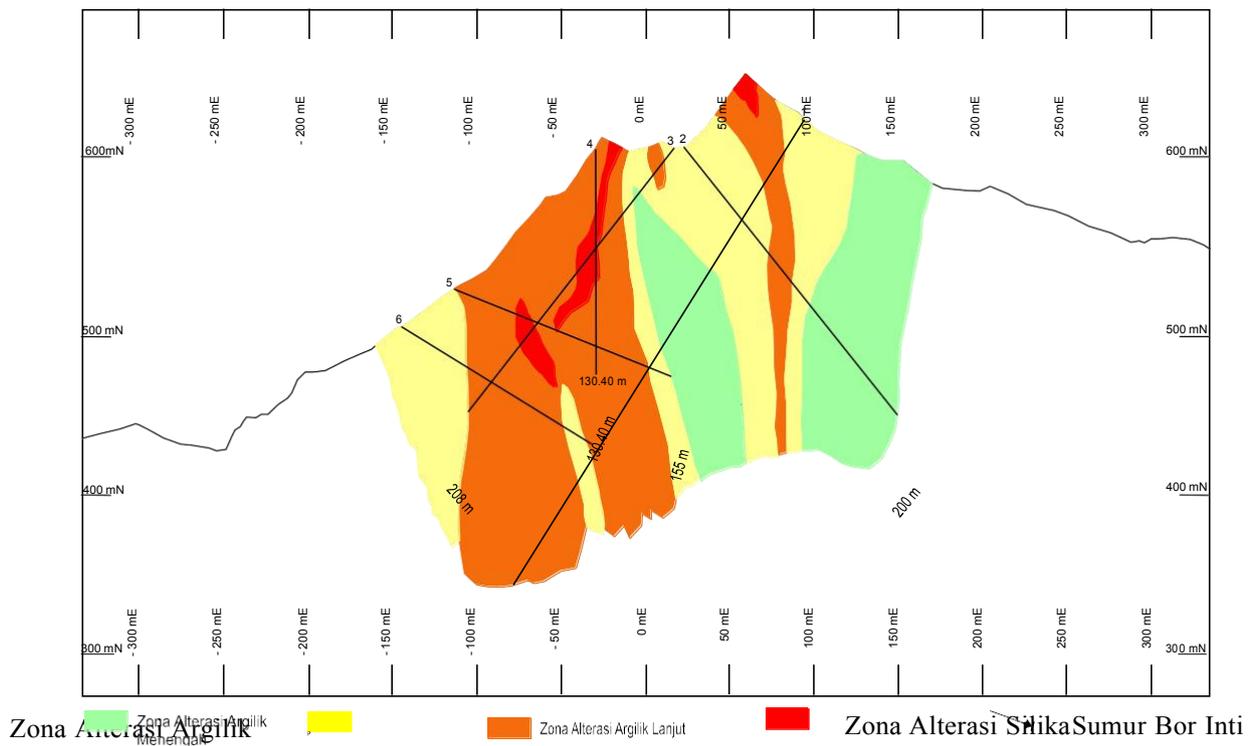
GAMBAR 1 : Distribusi mineral alterasi, tekstur alterasi dan zona alterasi di sumursatu (A), sumur dua (B) dan sumur tiga (C)



GAMBAR 2 : Distribusi mineral alterasi, tekstur alterasi dan zona alterasi di sumurempat (D), sumur lima (E) dan sumur enam (F)



GAMBAR 3 : Penampang Geologi bawah permukaan daerah Penelitian



GAMBAR 4 : Penampang Zona Alterasi bawah permukaan daerah Penelitian